CHEMIE UND TECHNIK DER GEGENWART

WALTHER
TRAPPMANN

SCHÄDLINGS BEKÄMPFUNG

UNIVERSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

CHEMIE UND TECHNIK DER GEGENWART

HERAUSGEGEBEN VON

PROFESSOR DR. WALTER ROTH IN COETHEN

VIII. BAND

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG · 1927

Agric
Crops
T.

SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG

GRUNDLAGEN UND METHODEN IM PFLANZENSCHUTZ

VON DR. WALTHER TRAPPMANN

REGIERUNGSRAT AN DER BIOLOGISCHEN REICHSANSTALT

MIT 68 ABBILDUNGEN IM TEXT

220936
23.2.28

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG · 1927

62

COPYRIGHT BY S. HIRZEL AT LEIPZIG 1927
ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER
ÜBERSETZUNG IN FREMDE SPRACHEN,
VORBEHALTEN / PRINTED IN GERMANY

Germany

VORWORT

Chemie und Technik sind heute zwei der wichtigsten Hilfsmittel des Menschen, sie unterstützen ihn in dem immer schärfer werdenden Kampf ums Dasein. Zeiten der Not machen erfinderisch, sie zwingen den Menschen, unter Einsetzung aller Kräfte neue Mittel und Maßnahmen zu ersinnen und die Chemie und die Technik in immer vollkommenerer Weise sich dienstbar zu machen. So brachte uns der Weltkrieg in der Technik des Flugwesens Fortschritte, die wir in ruhigen Friedenszeiten nur langsam gemacht hätten; der vierte Band dieser Sammlung von Prof. Julius Meyer, Breslau, 1. Aufl. 1925, 2. Aufl. 1926, bringt eine umfassende Übersicht über die im Kriege geleistete Riesenarbeit, chemische Stoffe für den Gaskampf nutzbar zu machen.

Aber Krieg und Nachkriegszeit zwangen insbesondere das deutsche Volk auch zu einem verstärkten Abwehrkampf gegen „innere Feinde", die in Gestalt von pflanzlichen und tierischen Schädlingen unsere Kulturpflanzen und damit unsere Ernten bedrohten und die Ernährung des gesamten Volkes in Frage stellten. Zwar ist der Kampf des Menschen gegen diese Schädlinge schon so alt, wie Pflanzen als Kulturpflanzen angebaut werden; aber wie jeder schwache Organismus gegen Krankheiten besonders anfällig ist, so fanden auch die Pflanzenschädlinge in den durch die Kriegsverhältnisse geschwächten Ländern besonders günstige Ausbreitungsverhältnisse. Weiterhin zwangen die Nachkriegszustände zur intensivsten Ausnutzung der einheimischen Kräfte und Güter. Der Pflanzenschutz ist infolgedessen für unsere gesamte Wirtschaft von großer Bedeutung geworden, es ist daher verständlich, daß der Herausgeber dieser Sammlung, Herr Prof. Dr. Walter Roth, eine monographische Bearbeitung der im Pflanzenschutz gebräuchlichen Krankheits- und Schädlingsbekämpfung für diese Sammlung für wünschenswert erachtete.

Die Pflanzenschutzforschung ist eine unserer jüngsten Wissenschaften, trotzdem hat sie in den letzten 30 Jahren eine Vielseitigkeit entfaltet und einen Umfang angenommen, die eine erschöpfende Behandlung im Rahmen des vorliegenden Buches unmöglich machen. Es ist daher versucht worden, die Grundlagen der Bekämpfungsmethoden herauszuschälen und

immer nur einige Beispiele zur Erklärung anzuführen. Daß dabei neben den eigentlichen technischen Bekämpfungsmaßnahmen (Anwendung physikalischer und chemischer Mittel) auch die in weiterem Sinne „technischen", als Kulturmethoden und als biologische Bekämpfung bekannten Bekämpfungsmaßnahmen nicht vernachlässigt werden durften, erforderte die Materie.

Hinsichtlich der Bekämpfungsmethoden steht dem Pflanzenschutz der Vorratsschutz, d. h. die Bekämpfung der unsere Vorräte bedrohenden Schädlinge, nahe; er ist daher dort, wo es wünschenswert erschien, ebenfalls berücksichtigt worden.

Von der umfangreichen Literatur sind nur die für die einzelnen Kapitel wichtigsten neueren Arbeiten angeführt worden; eingehendere Literaturangaben und Literaturbesprechungen finden sich bei:

M. Hollrung: Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, 3. Auflage, Berlin 1923.

H. Morstatt: Bibliographie der Pflanzenschutzliteratur. (Jährlich fortlaufend.) Berlin 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927.

R. A. Wardle und Ph. Buckle: The principles of insect control, Manchester 1923.

Zweck der vorliegenden Monographie ist es nicht, ein Verzeichnis der im Handel befindlichen Pflanzenschutzmittel zu bringen. Es sind in erster Linie von den Handelspräparaten nur diejenigen berücksichtigt, die sich in exakter Versuchsanstellung bewährt haben und deren wirksame Bestandteile durch den Namen, durch Angaben der Firma oder durch Veröffentlichungen in der Literatur bekannt sind. Über chemische Pflanzenschutzmittel berichten ausführlicher:

E. Bourcart: Les Maladies des Plantes, Paris 1910. Englische Übersetzung: Insecticides, fungicides and weedkillers, London 1913.

E. Riehm: Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. (Jährlich fortlaufend.) Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt, Heft 19, 20, 24 und 26. Berlin 1920, 1921, 1923 1925, u. ff.

E. Vogt: Die chemischen Pflanzenschutzmittel, Samml. Göschen Nr. 923, Berlin 1926.

Für Anregungen und Vorschläge zur Ergänzung des Buches bin ich dankbar.

Berlin-Dahlem, im Juni 1927

WALTHER TRAPPMANN

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. Bedeutung und Ziele des Pflanzenschutzes 1
II. Allgemeines über Pflanzenkrankheiten 5
A. Krankheits- und Schädlichkeitsbegriff 5
B. Die pflanzenschädigenden Ursachen 11
C. Parasit und Wirtspflanze 16
1. Verhalten des Parasiten zur Wirtspflanze 16
2. Verhalten der Wirtspflanze zum Parasiten 22
D. Die Krankheitserscheinungen 29
E. Auftreten und Verbreitung der Schädlinge 31
III. Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge 35
A. Kulturmaßnahmen 37
1. Standortswahl und Bodenpflege 38
2. Anbau und Pflege der Pflanzen 44
3. Auslese und Züchtung 48
B. Biologische Bekämpfung 58
C. Technische Bekämpfung mit physikalischen Mitteln 75
1. Mechanische Bekämpfungsmaßnahmen 76
a) Druckmaßnahmen 76
b) Maßnahmen der Fernhaltung 77
c) Maßnahmen des Einsammelns 81
d) Maßnahmen zum Fang in Verbindung mit Anlockung . . . 86
e) Maßnahmen zur physikalischen Änderung der Umwelt . . . 91
2. Anwendung von Wärme und Kälte 95
3. Anwendung von Licht 111
4. Anwendung des elektrischen Stromes 113
D. Technische Bekämpfung mit chemischen Mitteln
1. Allgemeines über chemische Mittel
a) Historisches 114
b) Was sind chemische Mittel? 115
c) Anwendung der chemischen Mittel 116
d) Heil- und Giftwirkung der chemischen Mittel 117
e) Schädigungen durch chemische Mittel 125
f) Stimulationswirkung der chemischen Mittel 134
g) Prüfung der chemischen Mittel 137
h) Auswahl der chemischen Mittel 150
i) Einteilung der chemischen Mittel 154
2. Spritzmittel
a) Was sind Spritzmittel? 154
b) Wasser als Verdünnungsmittel 156
c) Benetzungsfähigkeit 157
d) Schwebefähigkeit 162

Seite

e) Haftfähigkeit 164
f) Anwendungweise der Spritzmittel 169
g) Spritzapparate 170
h) Art der Spritzmittel 185
Nikotin 185, Pyrethrum 189, Quassia 192, Helleborus 193, Derris 193, Saponin 194, Sonstige pflanzliche Rohstoffe 194, Seifen 194, Mineralöle 199, Formaldehyd 210, Kupferhaltige Spritzmittel 210, Schwefelhaltige Spritzmittel 222, Arsenhaltige Spritzmittel 234, Verschiedene Spritzmittel 247, Kombinierte Spritzmittel 250 .

3. Stäubemittel
a) Allgemeines über Stäubemittel 252
b) Stäubeapparate 258
c) Art der Stäubemittel 270
Nikotin 270, Pyrethrum 272, Kupferhaltige Stäubemittel 273, Schwefelhaltige Stäubemittel 273, Arsenhaltige Stäubemittel 279, Fluorhaltige Stäubemittel 281, Kombinierte Stäubemittel 282
4. Spritzen oder Stäuben 283
5. Streumittel 284
6. Streichmittel 290
7. Gießmittel 294
8. Tauchmittel 299
9. Beizmittel
a) Allgemeines über Beizmittel 301
b) Art der Naßbeizmittel 306
c) Art der Trockenbeizmittel 313
d) Beizapparate 316
10. Vergasungsmittel
a) Allgemeines über Vergasungsmittel 326
b) Art der Vergasungsmittel 327
Schwefeldioxyd 327, Schwefelkohlenstoffhaltige Mittel und Tetrachlorkohlenstoff 331, Blausäurehaltige Mittel 345, Chlorpikrin 366, Paradichlorbenzol 368, Teeröle 370, Nikotin und Pyrethrum 372, Formaldehyd 374, Sonstige Vergasungsmittel 375
11. Vernebelungsmittel 376
12. Ködermittel
a) Allgemeines über Giftköder 379
b) Art der Giftköder 382
Meerzwiebelköder 382, Strychninköder 384, Bariumkarbonatköder 385, Phosphorhaltige Köder 386, Arsenhaltige Köder 387, Fluorhaltige Köder 395, Sonstige Giftköder 396
c) Art der giftfreien Köder 397
13. Abschreckmittel 398
14. Impfmittel 401
E. Bewertung der Bekämpfungsmethoden 403
F. Organisation der Bekämpfung 405
Verzeichnis der Abbildungen 420
Zusammenstellung der wichtigsten Schädlinge und Krankheiten . . . 422
Register 431

I. Bedeutung und Ziele des Pflanzenschutzes

Pflanzen werden ebenso wie Menschen und Tiere von Krankheiten und Parasiten befallen. Aus dem täglichen Leben kennt man wurmstichige und schorfige Äpfel und Birnen, madige Pflaumen und Kirschen, faules Obst und faulende Kartoffeln; man weiß von Schädigungen der Pflanzen durch Raupenfraß und Blattlausbefall, aber nur selten kennt man die Bedeutung dieser Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge für unsere Wirtschaft. Machen wir uns die Größe dieser Schäden an einigen Beispielen daher einmal klar.

Im Getreidebau zählen die durch Rostpilze hervorgerufenen Krankheiten zu den wichtigsten Getreideerkrankungen; der durch Gelbrost im Jahre 1911 in Bayern verursachte Schaden betrug 26 Millionen Mark, der 1916 in der Provinz Sachsen angerichtete Schaden 47 Millionen Mark. In dem für Deutschland ausgesprochenen Rostjahre 1891 verursachten die Rostpilze nach amtlicher Schätzung für Preußen einen Ausfall der Getreideernte von 418 Millionen Mark. Der durchschnittliche Rostschaden aller Getreidebau treibenden Länder beläuft sich nach Eriksson auf $1^1/_4$ Milliarden Goldmark. — Den Rostpilzen stehen die Brandpilze hinsichtlich der Ernteschäden nicht nach, doch ist eine erfolgreiche Bekämpfung der durch sie verursachten Brandkrankheiten möglich. Immerhin betrug der durchschnittliche Schaden durch Steinbrand an Winterweizen in der Provinz Sachsen vor dem Kriege $6^1/_2$ Millionen Mark oder 11 Proz. des Normalertrages. Der durch Haferflugbrand in den Vereinigten Staaten von Amerika verursachte Schaden wird auf 72 Millionen Mark geschätzt. — Durch Auswinterung, d. h. durch Zusammenwirken von tierischen und pflanzlichen Schädlingen und klimatischen Einflüssen, werden Schäden verursacht, die sich für Deutschland allein beim Getreide auf jährlich mehr als 20 Millionen Mark belaufen. — Durch Fritfliegen- und Getreidehalmfliegenbefall können weiterhin stellenweise 50 bis 70 Proz. der Ernten vernichtet werden.

Für den deutschen Kartoffelbau war das Jahr 1916 durch die starke Ausbreitung der durch den Pilz Phytophthora infestans hervorgerufenen Krautfäule verhängnisvoll; einem jährlichen Durchschnitts-

verlust von ungefähr 5 Proz. der Gesamternte der früheren Jahre stand 1916 ein Ausfall von 33 Proz. gegenüber. Bei einer Anbaufläche von 2 798 210 ha wurde der Ernteausfall auf 13 991 050 Tonnen berechnet, was bei dem damaligen Tonnenpreis von 111,4 Mark einen Gesamtverlust von über $1^1/_2$ Milliarden Goldmark ausmachte. Da ein Ersatz der Verluste durch Einfuhr ausländischer Kartoffeln nicht möglich war, mußte in dem später als „Kohlrübenwinter" bezeichneten Winter 1916/17 in starkem Maße die Kohlrübe zur Volksernährung mit herangezogen werden. — Der durchschnittliche Verlust der deutschen Kartoffelernte durch pflanzliche und tierische Schädlinge wird auf über 700 Millionen Mark geschätzt.

Die durch Krankheiten und Schädlinge verursachten Verluste der deutschen Obsternte, die vor dem Kriege im Höchstfalle einen Wert von 470 Millionen Mark, bei Mindesternten einen Wert von 270 Millionen Mark darstellten, wurden auf 20 bis 30 Proz. der Gesamternte berechnet. In unseren wichtigsten Obstbaugebieten sind sogar in manchen Jahren die durch die Obstmade verursachten Schäden in Höhe von 50 bis 75 Proz. des Ansatzes nicht selten, eine Tatsache, die im Auslande Deutschland als das „Land des madigsten Obstes" hat bezeichnen lassen.

Auch im Weinbau stellen die durch Schädlinge und Krankheiten bewirkten Schädigungen hohe Werte dar. Im Jahre 1911 belief sich die Weinernte in Baden auf 21,6 Millionen Mark, im Jahre 1912, einem ausgesprochenen Peronosporajahr, nur auf 4,25 Millionen Mark. — Im Weinbau der Pfalz betrug der durch Krankheiten und Schädlinge bewirkte Ernteausfall im Jahre 1910 mehr als 25 Millionen Mark zu einer Zeit, in welcher der Jahreshaushalt der Pfalz etwa 3 Millionen Mark ausmachte. — Durch die Reblaus wurden in Sachsen 50 Proz., in Frankreich 66 Proz. der Weinberge zerstört. — Die Ernteausfälle des gesamten deutschen Weinbaues wurden vor dem Kriege auf 100 Millionen Mark geschätzt.

Aus der Forstwirtschaft liegen statistische Angaben vor, die insbesondere den durch tierische Schädlinge, wie Nonne, Kiefernspinner und -spanner, Eichenwickler, Forleule, bewirkten Schaden deutlich machen. So umfaßte bei einer Nonnenkalamität im Rheinland das Fraßgebiet 8,6 Millionen Hektar, von denen 183 Millionen Raummeter eingeschlagen werden mußten. Aber auch pilzliche Schädlinge sind für den Forstbau von Bedeutung, wie Kiefernschütte, Eichenmehltau, Hallimasch u. a., da sie stellenweise 30 bis 50 Proz. der Pflanzen vernichten können.

Stellen diese Schädigungszahlen schon große Summen dar, so ist doch zu berücksichtigen, daß sie sich vielfach nur auf einen Schädling beziehen und weitere, durch andere Schädlinge verursachte Schäden ganz außer acht lassen. Wie groß schon die Zahl der tierischen Pflanzenschäd-

linge ist, zeigt eine Zusammenstellung von Noël, nach welcher für 160 Obstarten 1671 Schädlingsarten, für 28 Gemüsearten 704 Schädlingsarten, für 21 Futterpflanzen- und Getreidearten 988 Schädlingsarten und für 14 verschiedene Waldbäume 4637 Schädlingsarten in Frage kommen. Hinsichtlich der Schädlichkeit sind diese Schädlinge sehr voneinander verschieden, auch treten viele derselben bloß vereinzelt auf, so daß der von ihnen angerichtete Einzelschaden nur gering sein kann, in ihrer Gesamtwirkung jedoch bilden sie zusammen mit den zahlreichen pilzlichen Schädlingen eine ständige Gefahr für unsere Kulturpflanzen und damit eine Bedrohung der menschlichen Ernährung.

Der Gesamtschaden der deutschen Ernte beträgt bei vorsichtiger Schätzung jährlich 30 Proz. der möglichen Erzeugung, davon entfallen 20 Proz. auf Witterungseinflüsse, also auf Verluste, denen der Mensch größtenteils hilflos gegenübersteht, während 10 Proz. den tierischen und pilzlichen Schädlingen zur Last gelegt werden muß. Diese 10 Proz., die auf eine Milliarde Goldmark jährlich geschätzt werden, können wir durch geeignete Bekämpfungsmaßnahmen in vielen Fällen mindern. In Zeiten normalen Wirtschaftslebens ist ein solcher Schaden vielleicht zu ertragen, und die Ernteverluste können durch Einfuhr ausländischer Erzeugnisse leicht und billig ersetzt werden. Die Schäden werden dann als allgemeine Betriebsunkosten gebucht und sind damit eine interne Angelegenheit der landwirtschaftlichen Erzeuger. Heute ist jedoch in der durch die Kriegsverhältnisse verschlechterten Wirtschaftslage der meisten Länder die Vermehrung der Bodenerzeugnisse nicht mehr eine landwirtschaftliche Frage, sondern eine Forderung der gesamten Volkswirtschaft. Galt es schon in der Kriegs- und Nachkriegszeit, die notwendigen Nahrungsmittel in ausreichender Menge im Lande zu erzeugen, um die Volksernährung sicherzustellen, so heißt es heute, durch Produktionssteigerung uns vom Ausland unabhängig zu machen. Stellt man den oben genannten Verlusten des deutschen Obstbaues die Zahlen der Einfuhr ausländischen Obstes, die z. B. von Januar bis November 1924 für Frischobst, Trockenobst und Südfrüchte über 7 Millionen Doppelzentner oder 374 Millionen Goldmark ausmachten, gegenüber, so sieht man, wie teuer wir die nicht ganz ohne unsere Säumigkeit entstandenen Ernteverluste bezahlen müssen. Im Jahre 1924 kam der deutsche Einfuhrüberschuß von 2,7 Millionen Mark gerade dem Werte der eingeführten Agrarprodukte gleich, eine Steigerung der Produktion würde also das Abfließen deutschen Geldes ins Ausland verhindern. Diese Steigerung der einheimischen Produktion der Bodenerzeugnisse kann, außer durch weitblickende Pflanzenzüchtung und geeignete Pflanzendüngung, insbesondere durch tatkräftigen Pflanzenschutz durchgeführt werden. Ziel des Pflanzenschutzes ist es daher,

die Erträge des Pflanzenbaues durch Verhütung von Mißwuchs und Ernteverlusten zu steigern.

Der überwiegenden Bedeutung der Infektionskrankheiten der Pflanzen entsprechend liegt die Arbeit des Pflanzenschutzes in erster Linie in der Bekämpfung der pilzlichen und tierischen Schädlinge, außerdem aber sucht der Pflanzenschutz die durch nichtparasitäre Ursachen entstandenen Schäden abzustellen und zu mindern. Bei der Durchführung dieser Aufgaben ergibt sich eine Zweiteilung des Pflanzenschutzes in Pflanzenschutzforschung und Pflanzenschutzdienst. Die Pflanzenschutzforschung erarbeitet mit Hilfe der allgemeinen zoologischen, botanischen, chemischen und physikalischen Arbeitsmethoden die Grundlagen, auf denen eine geeignete Schädlingsbekämpfung durchgeführt werden kann. Sie sucht einerseits die für die Kulturpflanzen geeignetsten Wachstumsbedingungen durch Standortswahl, geeignete Saatzeit, Saat- und Pflanzenauslese und Züchtung immuner Sorten usw. zu ermitteln, andererseits aber erforscht sie Lebensweise und Entwicklungsgang der Schädlinge, ihr Verhältnis zu den Wirtspflanzen und ihre Abhängigkeit von Witterung und Bodenverhältnissen, um die Gründe für Massenbefall und die schwachen Punkte in der Entwicklung der Schädlinge ausfindig zu machen, an denen die Bekämpfung der Schädlinge angesetzt werden kann. Weiterhin erstrebt sie, geeignete Bekämpfungsmaßnahmen auszuarbeiten, die Wirkungsweise der verschiedenen Gifte auf den Organismus der Schädlinge zu ermitteln und die besten Gifte dann in eine Form zu bringen, in der sie zur Schädlingsbekämpfung in der Praxis angewandt werden können. Nach ihrer Arbeitsmethode entspricht die Pflanzenschutzforschung daher den einzelnen naturwissenschaftlichen Arbeitsrichtungen (Disziplinen), nach ihrem wirtschaftlich eingestellten Arbeitsziel jedoch betrachtet sie sich als „angewandte Wissenschaft". Im großen und ganzen deckt sich der Begriff der Pflanzenschutzforschung mit der in der ausländischen Fachliteratur meist gebräuchlichen Bezeichnung „Phytopathologie" (= Pflanzenkrankheitslehre).

Der zweite Teil des Pflanzenschutzes, der Pflanzenschutzdienst, erstrebt möglichst alle Kreise der Landwirtschaft zur gemeinsamen Arbeit zusammenzufassen, um die von der Pflanzenschutzforschung erarbeiteten Bekämpfungsmaßnahmen zur praktischen Durchführung zu bringen. Die von ihr dabei gesammelten Erfahrungen sind wiederum für die weiteren Arbeiten der Pflanzenschutzforschung richtunggebend. Auf Einzelheiten der Arbeitsmethode der Pflanzenschutzforschung und auf die praktische Durchführung der Bekämpfungsmethoden werden wir im Laufe der folgenden Betrachtungen noch oft zu sprechen kommen.

II. Allgemeines über Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge

A. Krankheits- und Schädlichkeitsbegriff

Menschen, Tiere und Pflanzen sind dem physiologischen Gleichgewicht unterworfen; jede Störung des Gleichgewichtes kann als Erkrankung angesehen werden. Als Krankheit bezeichnet man also allgemein die Summe der in einem lebenden Organismus ablaufenden abnormalen Lebensprozesse. Die Lehre von den Krankheiten wird „Pathologie" genannt.

Unter besonderer Berücksichtigung der Pflanzenkrankheiten können wir nach Klebahn die Definition der Krankheit noch enger fassen, indem wir sagen: Pflanzenkrankheit ist im allgemeinen jede Abweichung vom normalen Verlauf der Lebensvorgänge, die in einem solchen Sinne vor sich geht, daß das Leben der Pflanze oder ihrer Teile dadurch bedroht ist. Entsprechend dem Begriff „Pathologie" bezeichnen wir die Lehre von den Pflanzenkrankheiten als „Phytopathologie".

Pflanzenkrankheiten können durch physikalische oder chemische Bedingungen oder durch pflanzliche oder tierische Parasiten verursacht sein. Bei den Infektionskrankheiten werden durch den Parasiten oder durch die den Parasiten abwehrende Pflanze anatomische oder funktionelle Veränderungen im Pflanzenorganismus ausgelöst, die häufig bestimmte Krankheitsbilder (Symptome) entstehen lassen. Krankheiten entstehen also erst im Anschluß an primäre anatomische oder funktionelle Veränderungen bald an einzelnen Teilen der Pflanze, bald am gesamten Pflanzenkörper.

Sowohl in der Humanmedizin als auch in der Phytopathologie hat man lange Zeit die Krankheiten ausschließlich vom ätiologischen Gesichtspunkt betrachtet, d. h. man glaubte, es genüge schon zur Erforschung der Krankheiten, wenn man den Erreger kenne, ohne dabei den erkrankten Organismus zu berücksichtigen. Aber so wichtig hinsichtlich der Bekämpfung der Erreger auch ist, und so sehr er sich bei den Pflanzen-

krankheiten auch oft in den Vordergrund drängt, heute wissen wir, daß für die Definition der Krankheit die Erreger nebensächlich sind. Sie sind die Krankheit nicht selbst, rufen auch die Krankheit nicht direkt hervor, sondern sind nur Urheber abnormer anatomischer oder physiologischer Veränderungen, die erst ihrerseits wieder in ihrer Gesamtheit die Krankheit ausmachen. Einige Beispiele mögen die Zusammenhänge erläutern: ein von Läusen befallener Mensch und eine von Läusen besetzte Pflanze sind an sich noch nicht krank, die Krankheit tritt erst auf, wenn durch die Saugtätigkeit beim Menschen Ausschläge, Pusteln, Furunkeln und Hautentzündungen und an der Pflanze Kräuselungen, Blattrollungen, Verfärbungen und Verkümmerungen eintreten. Auch rufen die Läuse diese Erkrankungen nicht direkt hervor, denn die Wunden, die sie durch ihre Einstiche hervorbringen, sind so gering, daß sie weiter keine anatomischen oder physiologischen Änderungen bewirken. Erst durch die in die Wunden gebrachten Enzyme, durch den Säfteverlust und durch noch weitere Begleitumstände treten abnorm verlaufende Lebensvorgänge, d. h. Krankheitserscheinungen, auf. Selbst starke Schäden, wie durch Raupen verursachter Blattfraß, sind an sich noch keine Erkrankung, denn fehlende oder entfernte Organe können als solche bei der Pflanze ebensowenig als Krankheit gelten, wie auch ein Mensch im Sinne der Pathologie nicht „krank" ist, dem ein Bein fehlt. Jeder durch Fraßtätigkeit an der Pflanze entstehende Blattverlust wird dann erst zur Krankheit, wenn durch Minderung der Assimilationsorgane oder durch Beschädigung anderer Einzelteile (Wurzel, Stengel) in der Pflanze abnorm verlaufende Lebensprozesse einsetzen und die Pflanze oder einzelne Organe in ihrer Existenz bedrohen, oder wenn die für die Erhaltung der Pflanzenart wichtigen Fortpflanzungsorgane: Blüten, Früchte, in ihrer Funktion gestört oder vernichtet werden.

Eine scharfe Abgrenzung des Krankheitsbegriffes ist nicht möglich, da die Krankheit kein absoluter Zustand ist; zwischen dem Gesundsein, dem Schädlingsbefall, dem leichten Kränkeln und dem Absterben gibt es viele Übergänge.

Spricht man beim Menschen auch von Erkrankungen einzelner Organe (z. B. Erkrankung eines Lungenflügels, der Leber usw.), so gehen diese Erkrankungen infolge der geringen Selbständigkeit der Einzelorgane doch meist sofort in einer Allgemeinerkrankung des Gesamtkörpers auf; der Organismus ist infolge der durch das einheitliche Blut- und Nervensystem eingetretenen Zentralisierung viel abhängiger von seinen Organen und daher gegen Krankheiten weniger widerstandsfähig. Organerkrankungen ohne Mitleidenschaft des Gesamtorganismus sind beim Menschen so selten, daß viele Mediziner Organbeschädigungen noch nicht als „Krankheit" an-

erkennen, sondern den Krankheitsbegriff nur auf Schädigungen des ganzen Organismus angewendet wissen wollen. Ist diese Einschränkung des Krankheitsbegriffes auf Erkrankungen des Gesamtorganismus selbst beim Menschen nicht streng durchzuführen und entspricht sie vor allem auch nicht der eingangs gegebenen Definition, so ist sie auf die Pflanzenkrankheiten nicht anwendbar. An einem Baume können einzelne Zweige, Blüten oder Früchte von einer Pilzkrankheit stark befallen, geschädigt und zum Absterben gebracht werden, ohne daß der Baum als solcher in Mitleidenschaft gezogen wird. Bei den Pflanzen zeichnen sich also die Einzelteile durch große Selbständigkeit aus, so daß sie ohne Schädigung des Gesamtorganismus erkranken und absterben und später durch neue wieder ersetzt werden können.

Jedoch auch im Pflanzenschutz ist der Begriff der Krankheit nicht immer einheitlich gefaßt worden. Man hat in der französischen und besonders in der englisch geschriebenen Fachliteratur das Wesen der Krankheit vielfach vom Auftreten einer Reaktion des kranken Pflanzenkörpers gegen den Schädling abhängig gemacht und hat nur die durch nichtparasitäre Ursachen und durch pilzliche Schädlinge verursachten Schädigungen als „Krankheiten" bezeichnet, während man die durch Tiere bewirkten Schäden als „Beschädigungen" den Krankheiten gegenüberstellte. Eine solche Aufteilung der Erscheinungen in pflanzliche „Krankheiten" und tierische „Beschädigungen" hat dann weiterhin die Einteilung der Phytopathologie in angewandte Botanik bzw. angewandte Mykologie und in angewandte Zoologie bzw. angewandte Entomologie mit sich gebracht. Oft ist man sogar so weit gegangen, daß man den Begriff der Phytopathologie ganz auf den mykologischen Teil der Pflanzenschutzforschung beschränkte und der angewandten Entomologie gegenüberstellte. Diese Einteilung ist völlig naturwidrig. Zwar können, wie wir oben sahen, Blattlausbefall und Tierfraß als solche noch nicht als Erkrankungen aufgefaßt werden, aber die durch sie bewirkten Erscheinungen (Welken, Form- und Färbungsänderungen, Unterernährung durch Verlust an Assimilations- und Aufnahmeorganen) sind typische Krankheitserscheinungen, die sich nicht von den durch Pilze hervorgerufenen Schädigungen unterscheiden. Es gibt einerseits pflanzliche Schädlinge, wie z. B. die Mehltaupilze, die, ähnlich den meisten tierischen Schädlingen, außerhalb des Pflanzenkörpers leben und deren Anwesenheit an sich auch noch nicht als „Krankheit" gewertet werden kann, andererseits sind tierische Schädlinge von großer Bedeutung, die, wie die Nematoden und die gallenerzeugenden und minierenden Insekten, sofort bei ihrem Auftreten charakteristische Krankheitssymptome hervorrufen. Der Grund der falschen Definition des Krankheitsbegriffes und damit der unrichtigen Abgrenzung

der Phytopathologie liegt darin, daß einmal zur Zeit des Einsetzens der eigentlichen Pflanzenschutzforschung die angewandte Entomologie schon eine selbständige und beachtenswerte Stellung erlangt hatte, und daß man weiter in den ersten Jahrzehnten der Pflanzenschutzforschung die Pflanzenkrankheiten viel zu wenig vom Standpunkt der erkrankten Pflanze, sondern fast ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der die Schäden bewirkenden Schädlinge betrachtet hat. Während es bei der Humanmedizin darauf ankommt, jedes erkrankte einzelne Individuum unbedingt zu heilen, man also in jedem Falle vom erkrankten Organismus ausgeht, handelt es sich im Pflanzenschutz selten um Heilung des Einzelindividuums, als vielmehr um Erhaltung des Bestandes und der Ernte durch direkte Bekämpfung der die Schäden verursachenden und die Ernte bedrohenden Schädlinge; hier ist also der Parasit für die Bekämpfung meist wichtiger als das erkrankte Individuum. Trotzdem aber muß, ähnlich wie bei der Humanmedizin, auch in der Phytopathologie der erkrankte Organismus immer Mittelpunkt aller Betrachtungen bleiben. Und an der Pflanze sind die Säfteverlust, Farb- und Formveränderungen und Ernährungsstörungen bewirkenden Blattlaus- und Fraßschäden ebenso Krankheitserscheinungen, d. h. abnorm verlaufende Lebensvorgänge im Organismus der Pflanze, wie die durch Pilze hervorgerufenen Schäden. — Eine einheitliche Auffassung der Phytopathologie und eine die nichtparasitären, pilzlichen und tierischen Schäden umfassende Definition des Krankheitsbegriffes ist auch schon aus rein praktischen Gründen unbedingt zu fordern, da die meisten vorbeugend wirkenden Kulturmaßnahmen und viele therapeutisch angewandten Bekämpfungsmaßnahmen gegen Pilz- und Insektenschäden benutzt werden, und da weiterhin sowohl Gesetzgebung als auch Ausbildung des Pflanzenpathologen („Pflanzenarztes") und insbesondere auch die Pflanzenschutzforschung keine Teilung in angewandte Mykologie und angewandte Entomologie dulden können.

Mit dem Begriff der Krankheit ist der Begriff des Krankheitserregers oder Parasiten eng verknüpft, der im Laufe der Zeit ebenfalls mannigfaltigem Wechsel unterworfen war. Heute bezeichnet man als Krankheitserreger jeden Organismus, der infolge seiner Lebensweise einen zweiten Organismus soweit schädigt, daß eine Erkrankung des zweiten Organismus daraus entsteht. In den meisten Fällen besitzen die Krankheitserreger die Fähigkeit, in irgendwelcher Form unverletzte oder schon verletzte Zellen des zweiten Organismus anzugreifen und sie in den Dienst ihrer Ernährung zu stellen; man bezeichnet diese Eigenschaft des Parasiten als „Virulenz". In anderen, wenn auch seltenen Fällen kann jedoch schon die Anwesenheit des Parasiten (ohne direkte Schädigung der Zellen) genügen, um durch Entzug lebensnotwendiger Bedingungen (z. B. Licht-

entzug durch Kletter- und Schlingpflanzen und Schwärzepilze, Nahrungs- und Lichtentzug durch Unkräuter) Erkrankungen des zweiten Organismus zu verursachen (vgl. Parasitismus S. 12).

Mit unserer oben angeführten Definition des Krankheitsbegriffes als Summe der im Körper ablaufenden abnormen Lebensvorgänge müssen wir aber noch andere Wert- und Ernteminderungen unserer Kulturpflanzen in Einklang bringen. Bei der Züchtung der Kulturpflanzen verfolgt der Mensch zur Erhöhung der Erträge oder zur Steigerung irgendwelcher Eigenschaften der Pflanzen oft Ziele, die anormal sind. So werden Rosenkohl, Blumenkohl und Kohlrabi, fest geschlossene, die Ausbildung von Blütenständen hindernde Kohlköpfe, abnormale Stärkespeicherung zeigende Kartoffelsorten und kernlose Früchte bei Obst, Gurken und Kürbis gezüchtet. Die Natur versucht immer wieder, diese hochgezüchteten, anormalen Kulturformen in die ursprüngliche Naturform zurückzuführen; für den Menschen aber ist diese natürliche Regulation, die häufig, z. B. als Standortserscheinung, auftritt, eine Wert- und Ertragsschädigung, und er legt diesen Rückbildungs- und Anpassungserscheinungen oft (z. B. bei der Kartoffel) den Charakter einer Krankheit bei und bezeichnet sie als „Abbaukrankheiten" oder vielfach auch irrtümlich als Degeneration. Sehr häufig hängen diese „Abbaukrankheiten" mit wirklichen Erkrankungen eng zusammen, indem Infektionskrankheiten durch den Abbau begünstigt werden, seiner Natur nach aber hat der Abbau nicht den Charakter einer Krankheit. Der Begriff der „Abbaukrankheiten" kann also mit Morstatt[1]) „nur den Sinn haben, daß darunter die durch den Abbau besonders begünstigten und ihm in den Symptomen und Folgeerscheinungen ähnliche Krankheiten verstanden werden, kann aber nicht durch den Abbau direkt verursachte Krankheiten bedeuten". Einen vom ökonomischen Gesichtspunkt der Wert- und Ernteminderung ausgehenden und der Praxis daher mehr entgegenkommenden Standpunkt nahm Bourcart[2]) ein, wenn er die unter Abbau und Degeneration bezeichneten Krankheiten als „relative Krankheiten" den wirklichen „absoluten Krankheiten" anschloß.

Hat sich schon bei der Definition des Krankheitsbegriffs der anthropozentrische Standpunkt eingeschlichen und Konzessionen verlangt, so beherrscht er völlig den Begriff der Schädlichkeit[3]). In der Natur gibt es weder Schädlichkeit noch Nützlichkeit. Die Lebewesen haben sich bei ihrer Ernährung und Fortpflanzung in teils friedlicher, teils feindlicher Weise zueinander eingestellt, wir finden Übergänge von der

[1]) Morstatt, H.: Entartung, Altersschwäche und Abbau bei Kulturpflanzen. Naturwissenschaft und Landwirtschaft Heft 7, München-Freising 1925.

[2]) Bourcart, E.: Insecticides, Fungicides und Weedkillers, London 1913.

[3]) Vgl. Schädlichkeitsbegriff Seite 20.

echten Symbiose, der gegenseitigen Nutznießung, bis zum reinen Parasitismus. Trotz dieser Vielgestaltigkeit und trotz des jedem Einzelindividuum aufgezwungenen Kampfes ums Dasein klingt doch das Leben der gesamten Organismenwelt aus in der Harmonie des ewigen Werdens und Vergehens, in der Gesetzmäßigkeit des Stoffhaushaltes der Natur. In diesen Stoffhaushalt ist auch der Mensch als Einzelglied eingesetzt, er stellt für sehr viele der anderen Organismen den größten Schädling dar und findet selbst unter den anderen Lebewesen seine Freunde und seine Feinde. So ist der Begriff der Schädlichkeit niemals absolut, stets relativ. Auch der Begriff „Unkräuter" ist nur anthropozentrisch zu erklären, da die Natur jedem Organismus das Daseinsrecht einräumt und keine Werturteile über ihre Einzelglieder fällt.

Der dem Pflanzenschutz zugrunde liegende Begriff der Schädlichkeit bezieht sich also nur auf die Bedürfnisse des Menschen. Aber nicht alle unseren Kulturpflanzen feindliche Organismen kommen für den Menschen als Wirtschaftsschädlinge in Betracht, die weitaus meisten sind wegen ihrer Seltenheit für den rationell betriebenen Pflanzenbau ohne Bedeutung. Als schädlich können nur diejenigen Organismen bezeichnet werden, welche infolge ihrer Häufigkeit und ihrer Tätigkeit in der Lage sind, den für die menschliche Ernährung geeigneten und sonstigen menschlichen Belangen dienenden Kulturpflanzen merklichen Schaden zuzufügen und so die Lebensmöglichkeiten für den Menschen zu erschweren.

Die menschlichen Interessen selbst laufen aber auch bei der Beurteilung der Schädlichkeit nicht immer gleichartig. Für den Landwirt ist der Hamster ohne Zweifel ein Schädling. Während aber die Hamsterfänger für den Fang dieser Schädlinge früher Prämien beanspruchten, stieg der Hamster als Pelztier in der Nachkriegszeit so an Wert, daß die Hamsterfänger bald das Recht zur Ausübung ihres Handwerks in bestimmten Gemarkungen durch Pachtzahlungen sich sichern mußten. Trotz seiner Schädlichkeit war der Hamster also zum Nutztier geworden. Ähnliche Grenzfälle zwischen Nützlichkeit und Schädlichkeit haben wir auch noch bei zahlreichen anderen Tieren, so u. a. bei den insektenfressenden, aber auch hier und da Keimlinge, Blütenknospen und Früchte schädigenden Vögeln, bei dem für gute Bodendurchlüftung sorgenden, aber auch die Kohlhernie verbreitenden Regenwurm, bei dem Pollen fressenden, dabei aber die Bestäubung besorgenden Rapsglanzkäfer und beim Maulwurf, der als fleißiger Insektenvertilger der beste Freund des Landwirts ist und trotzdem in Anzuchtbeeten und Parkanlagen nicht gern gesehen ist.

Der Grad der Schädlichkeit ist bei den einzelnen Schädlingen je nach

Art ihrer Tätigkeit und nach Häufigkeit ihres Auftretens recht verschieden; er kann unter Umständen durch eine doppelte Art der Schädigung noch gesteigert werden. So kommen die an der Kartoffelpflanze vorkommenden Blattläuse einerseits als direkte Schädlinge, andererseits als Überträger der Blattrollkrankheit in Frage, sie spielen also eine ähnliche Rolle wie die Ratten, die als Schädlinge und als Pestüberträger für den Menschen von Unheil sind.

Schwierig ist es oft, den Grad der Schädlichkeit richtig einzuschätzen und die Notwendigkeit einer Bekämpfung danach zu beurteilen; das beste Beispiel hierfür gibt der Apfelblütenstecher Anthonomus pomorum. Nach Werth[1]) bleibt der Prozentsatz der vom Apfelblütenstecher zerstörten Blüten in den meisten Fällen weit hinter dem Prozentsatz des normalen Ausfalles an Früchten zurück. Da aber erst nach Befall der Blüten durch Anthonomus durch innere, wahrscheinlich ernährungsphysiologische Gründe der Baum die Entscheidung fällt, welche Blüten zur Frucht gelangen und welche nicht, und da nach Werth „ganz augenscheinlich die Nährstoffe, welche für die befallenen Blüten nach der Vernichtung ihrer Organe durch den Blütenstecher nicht mehr nötig sind, den restlichen Blüten zugute kommen", spricht Werth dem Blütenstecher eine allgemeine wirtschaftliche Bedeutung als Schädling ab. Der durch den Blütenstecher verursachte Schaden wird aber wirtschaftlich fühlbar, sobald ein starker Blütenstecherbefall bei wenigblütigen und verhältnismäßig viel Früchte ansetzenden Apfelsorten auftritt, der unter Umständen nach Speyer[2]) die Ernte nahezu völlig vernichten kann. Es wäre also falsch, auf Grund der oft nicht eintretenden Verluste in der Bekämpfung des Apfelblütenstechers nachzulassen oder gar die Bekämpfung als unnötig zu bezeichnen.

Der „Schädlichkeit" steht der Begriff der „Nützlichkeit" gegenüber. Auch hier gibt es unter den Organismen, besonders unter den Tieren, Vertreter, die für den Pflanzenschutz von größter Bedeutung sind, die der Mensch sich daher zu Bekämpfungszwecken nutzbar zu machen sucht (vgl. Biologische Bekämpfung S. 58).

B. Die pflanzenschädigenden Ursachen

Pflanzenkrankheiten können durch die unbelebte Natur oder durch schädigende Organismen hervorgerufen werden.

---

[1]) Werth: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst 1925, Seite 88, und Angewandte Botanik 1925, Seite 121.

[2]) Speyer, W.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt 1925, 14. Band, Seite 231.

Zu den schädigenden Einflüssen der unbelebten Natur gehören giftige Bestandteile der Atmosphäre, die sich insbesondere in der Nähe industrieller Betriebe als Schwefeldioxyd-, Chlor-, Ruß- und Teerstaubbeimengungen zeigen und bei starkem Auftreten bestimmte Kulturen ganz unmöglich machen können, weiterhin eine ungeeignete physikalische oder chemische Zusammensetzung des Bodens, die Zwergwuchs, Sterilität, Blattverfärbungen und vorzeitigen Blattabfall oder Absterben der ganzen Pflanze zur Folge haben können, und endlich noch Wassermangel und Wasserüberfluß, ungünstige Temperatur- und Lichtverhältnisse und durch Wind, Hagel, Frost, Schneedruck oder Blitzschlag verursachte Verwundungen. Deutlichen Charakter als Krankheit haben insbesondere bestimmte, durch ungünstige Bodenverhältnisse bewirkte Ernährungsstörungen, die als Dörrfleckenkrankheit und als Bodensäurekrankheit bekannt sind, und auf die wir bei Besprechung der krankheithindernden Kulturmaßnahmen noch besonders eingehen werden.

Für die Betrachtung der die Pflanzenkrankheiten verursachenden Organismen ist der Begriff des Parasitismus wichtig. In der Organismenwelt unterscheidet man Lebewesen, die mit den dem Boden entnommenen Nährstoffen und mit Hilfe der ihnen durch das Sonnenlicht zugeführten Energie aus der Kohlensäure und dem Sauerstoff der Luft ihren Körper aufbauen und ihren Lebensunterhalt unabhängig von anderen Lebewesen bestreiten können, und solche, die selbst nicht in der Lage sind, ihre Körpersubstanz aus anorganischen Stoffen aufzubauen, sondern auf die ersteren in ihrer Ernährung und ihrer Entwicklung angewiesen sind. Die ersteren sind die chlorophyllhaltigen, autotrophen (d. h. sich selbst ernährenden) Pflanzen, die zweite Gruppe bilden die chlorophyllfreien Lebewesen: die Bakterien, Pilze und die Tiere. Innerhalb der zweiten Gruppe unterscheidet man wiederum solche Lebewesen, die ihre Nahrung aus schon verfallenden organischen Stoffen aufnehmen: Saprophyten, und solche, die unmittelbar von anderen lebenden Organismen sich ernähren: Parasiten im engeren Sinne.

Als Pflanzenschädlinge kommen in erster Linie die rein parasitisch lebenden Bakterien, Pilze und Tiere in Betracht, selten finden sich an oder in den erkrankten Pflanzen Saprophyten, die meist nur nach schon erfolgter Infektion auf den absterbenden Gewebeteilen sich ansiedeln, dort Fäulnisprozesse hervorrufen oder beschleunigen, jedoch als eigentliche Krankheitserreger im allgemeinen nicht in Frage kommen. In Grenzfällen können allerdings auch Saprophyten unter günstigen Umständen lebende Pflanzen befallen und so zu fakultativen Parasiten und zu Krankheitserregern werden (vgl. S. 8). Vereinzelt haben auch grüne autotrophe Pflanzen eine teilweise parasitische Lebensweise sich zu eigen gemacht,

indem sie, wie die Mistel, einen Teil ihrer Nahrung durch Kohlensäureassimilation selbst bereiten, den anderen Teil jedoch nicht aus dem Boden, sondern aus den von ihnen befallenen Nährpflanzen ziehen.

Die von den Bakterien hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten werden zusammenfassend als „Bakteriosen" bezeichnet, die als Naß- und Trockenfäulen oder als Gallenbildungen (Bakterienkrebs, Crowngalls) an zahlreichen Pflanzen und Pflanzenteilen in Erscheinung treten.

Die pflanzenschädigenden Pilze, die infolge ihrer Mannigfaltigkeit und ihrer einseitigen, oft stark spezialisierten Lebensweise die zahlreichsten und wichtigsten pflanzlichen Schädlinge sind, rufen die „Mykosen" hervor. Für unsere Betrachtungen wollen wir die parasitären Pilze je nach ihrer Lebensweise als ektoparasitisch und entoparasitisch lebende Pilze einteilen. Die ektoparasitischen Pilze liegen als Myzel der Oberfläche der Pflanze dicht an, bilden dann oft weißliche Überzüge, die dieser Pilzgruppe den Namen Mehltaupilze (Erysiphazeen) eingebracht haben, und senden nur Haustorien als Saugorgane in die Epithelzellen, denen sie die Nährstoffe entziehen. Die entoparasitisch lebenden Pilze dringen nach Auskeimen ihrer Sporen durch die Spaltöffnungen (Peronosporeen, Uredineen) oder durch die Epidermiszellen (Ustilagineen) in das Innere der Pflanze ein, wuchern in den Interzellularräumen weiter und senden nur Haustorien zur Nährstoffentnahme in einzelne Zellen (Schorf oder Fusikladium, Peronospora) oder aber sie dringen in die Zellen direkt ein und leben dort intrazellular vom Protoplasma (Kartoffelkrebs, Kohlhernie). Zur Vermehrung durchbrechen sie im ersteren Fall meist wieder die Pflanzengewebe und lassen an der Oberfläche der Pflanze ihre Fruchtstände entstehen, wie sie z. B. an der Blattunterseite der peronospora-kranken Rebblätter als Konidienträger zu sehen sind, oder aber sie bilden innerhalb der Wirtspflanze besondere Fruchtkörper aus, die als „Wintersporen" oder „Dauersporen" erst nach Zerfall der befallenen Pflanzenteile frei werden und zur Neuinfektion schreiten können. In seltenen Fällen wird die Verbreitung und Neuinfektion auch durch einzelne Myzelfäden ausgeführt.

Unter den entoparasitischen Pilzen verdienen die Brandpilze wegen ihrer großen volkswirtschaftlichen Bedeutung besondere Beachtung. Sie kommen fast ausschließlich an Getreidearten vor. Bei ihnen sind hinsichtlich der Bekämpfungsmöglichkeit zwei Gruppen zu unterscheiden: 1. die den Gerstenflugbrand (Ustilago nuda) und den Weizenflugbrand (U. tritici) umfassenden Brandpilze mit Blüteninfektion, 2. die u. a. den Weizensteinbrand oder -stinkbrand (Tilletia tritici), den Haferflugbrand (Ustilago avenae), den Gerstenhartbrand (U. hordei) und den Roggenstengelbrand (Urocystis occulta) umfassenden Brandpilze mit Keimlingsinfektion. Bei den Brandpilzen mit Blüteninfektion befällt der

Pilz während der Blütezeit die Pflanze, er dringt in den Fruchtknoten ein, ruht als Myzel schon im Korn und wächst nach der Aussaat des Kornes ohne größere Schädigung der keimenden und heranwachsenden Pflanze interzellular in der Pflanze weiter, um in der Ähre wieder zur Bildung von Brandsporen zu schreiten. Bei den Brandpilzen mit Keimlingsinfektion haften die Sporen dem Saatgut nur äußerlich an, sie sind daher im Gegensatz zur vorigen Gruppe durch Behandlung des Saatgutes mit bestimmten chemischen Mitteln (vgl. Beizmittel S. 301) zu bekämpfen. Erst nach dem Auskeimen der Saat dringen diese Brandpilze in die Keimlinge ein, durchwachsen auch hier wieder die ganze Wirtspflanze, um in der Ähre neue Brandsporen zu bilden.

Die volkswirtschaftlich ebenfalls wichtigen Rostpilze, deren entoparasitische Lebensweise eine Bekämpfung mit chemischen Mitteln bisher nicht zuläßt, sind wegen ihrer hohen Spezialisierung hinsichtlich der Auswahl ihrer Wirtspflanze und des durch ihren Generationswechsel bedingten Wirtswechsels für die Bekämpfung von besonderem Interesse (vgl. S. 18, 24 und 48).

Von den höheren Pflanzen kommen nur wenige Arten als eigentliche Pflanzenschädlinge in Frage, die entweder, wie die Mistel (Viscum album) und die Kleeseide (Cuscuta europaea und C. trifolii), mittels besonderer Saugorgane (Haustorien) oder, wie die verschiedenen Schling- und Kletterpflanzen, durch besonders ausgebildete Saugwurzeln der befallenen Pflanze Säfte entziehen. Für den Anbau der Kulturpflanzen sind aber weiterhin auch die verschiedensten als „Unkräuter" bezeichneten Verunreinigungen unserer Kulturbestände als Pflanzenschädlinge anzusehen, da sie bei starkem Auftreten den Kulturpflanzen Platz, Licht und Luft, Wasser und Nährstoffe entziehen, die Entwicklung der Kulturpflanzen stark beeinträchtigen und damit die Ernte mindern können. Durch Beimengungen von Unkrautsamen wird das Saatgut minderwertig, außerdem können die Unkräuter als sog. „Zwischenwirte" die Entwicklung vieler pilzlicher und tierischer Schädlinge ermöglichen, als „Wirtspflanzen" ihre Verbreitung begünstigen und als sog. „Überhälterpflanzen" zur Zeit des Fehlens geeigneter Kulturpflanzen oder des längeren Aussetzens des Anbaus einer bestimmten Kultur zur Erhaltung der Schädlinge beitragen.

Da im Tierreich die den grünen Pflanzen eigene autotrophe Ernährungsweise fehlt, die Tiere also in überwältigender Mehrzahl in ihrer Ernährung auf die grünen Pflanzen angewiesen sind, finden wir auch hier die meisten Pflanzenschädlinge.

Von den niederen Tieren kommen aus der Gruppe der Mollusken die Schnecken (Gastropoden) und von den Würmern die Nematoden als Feinde unserer Kulturpflanzen in Betracht. Erstere schä-

digen durch ihre starke Fraßtätigkeit, die sich besonders bei Schneckenplagen durch Kahlfraß großer Flächen bemerkbar macht; letztere leben als mikroskopisch kleine, fadenförmige Würmer entweder frei in der Erde zwischen den Pflanzenwurzeln, oder sie schmarotzen in den Pflanzen, schaden durch Säfteentzug, Gallen- und Fäulniserregung und rufen an den verschiedensten Pflanzen Krankheiten hervor, die u. a. als „Stockkrankheit" bei Getreide und Klee, als „Radekrankheit" oder „Gicht" bei Weizen, als „Wurmfäule" oder „Älchenkrätze" bei Kartoffeln, als „Rübenfäule" oder „Rübenmüdigkeit" bei Rüben bekannt sind. Beim Rübenälchen bilden sich die Weibchen zu Zysten um, in denen die junge Brut jahrelang ohne Schaden liegen kann; erst beim Vorhandensein geeigneter Pflanzen wird auf einen von den Pflanzenwurzeln ausgehenden chemischen Reiz hin von den Nematodenlarven die Zyste gesprengt und die ins Freie gelangenden Larven befallen wieder neue Wurzeln (vgl. S. 88 und 398).

Bei den Spinnentieren finden wir insbesondere in der Familie der Spinnmilben (Tetranychiden) und Gallmilben (Eriophyiden) zahlreiche Feinde unserer Kulturpflanzen, die teils durch Säfteentzug, teils durch Gallen und sonstige Mißbildungen stark schädigen können.

Entsprechend ihrer Mannigfaltigkeit, welche die Klasse der Insekten auszeichnet, finden sich bei ihnen die meisten Pflanzenschädlinge. Je nach dem Bau ihrer Mundwerkzeuge unterscheidet man für die Bekämpfungspraxis „beißende" und „saugende" Insekten. Erstere schaden durch Fraß und durch die infolge der Zerstörung wichtiger Organe eintretende allgemeine Schwächung der Pflanze, letztere durch Säfteentzug und die häufig damit zusammen auftretenden Gestaltsveränderungen: Blattkräuselungen und -rollungen, Wucherungen und Gallbildungen, Welken und Absterben der Pflanze. Die Art der Nahrungsaufnahme der Insekten ist, wie wir später sehen werden, wichtig für die Auswahl der geeigneten Bekämpfungsmittel. Bei Schmetterlingen, Fliegen und Hautflüglern kommen nur die als Raupen, Maden und Afterraupen (Blattwespenlarven) bekannten Larvenstadien als Pflanzenschädlinge in Betracht, während die entwickelten Vollkerfe dieser Insektenordnungen infolge ihrer völlig geänderten Lebensweise mit einigen Ausnahmen entweder nur Säfte lecken oder in ihrer kurzen Lebenszeit als Geschlechtstiere kaum Nahrung aufnehmen. Anders liegen die Verhältnisse bei den Käfern, Schnabelkerfen (Blatt-, Blut-, Schildläuse und Wanzen) und Gradflüglern (Heuschrecken), bei denen Larven und Vollkerfe durch Fraß- oder Saugtätigkeit sehr schädlich werden können. Wie bei den Pilzen, so finden wir auch bei den Insekten Ento- und Ektoparasiten, doch sind die im Innern der Pflanze minierenden Insekten, die als Maden, Räupchen oder Larven, selten als ausgebildete Insekten (Borkenkäfer) in Wurzeln, Stämmen, Stengeln, Blät-

tern, Früchten oder besonders gebildeten Gallen leben, viel seltener als die ektoparasitisch lebenden und schädigenden Insekten. Hinsichtlich der Auswahl der Wirtspflanze finden wir bei den Insekten große Mannigfaltigkeit, da eine große Zahl der Schädlinge, wie z. B. die Raupen vieler Schmetterlinge, polyphag ist, d. h. mit den verschiedensten Pflanzen vorlieb nimmt, während besonders bei den saugenden Insekten eine weitgehende Spezialisierung auf eine oder wenige Wirtspflanzen eingetreten ist. Der mit der Spezialisierung verbundene Wirtswechsel ist für die Bekämpfung wichtig (vgl. S. 18 und 298). Weiter muß man Lebensgewohnheiten und Entwicklungsgang der Schädlinge, insbesondere Zeit und Ort der Eiablage und der Puppenruhe, Art der Überwinterung, Zeit und Dauer der Schädigungsperiode sowie die Abhängigkeit der Schädlinge von Nahrung, Klima, Witterung und Bodenbeschaffenheit genau kennen, um den zum Ansetzen der Bekämpfung geeigneten schwachen Punkt im Lebenszyklus der Schädlinge ausfindig machen zu können.

Von den Vögeln werden die Pflanzen- und Samenfresser für die Kulturpflanzen schädlich, indem sie Knospen, junge Triebe und Früchte fressen und nach der Aussaatzeit die bestellten Beete aufwühlen und Saatgut und Keimlinge vernichten. Besonders die im Herbst sich zusammenschließenden Sperlingshorden fallen gern in Getreidefelder ein und vernichten oft ganze Ernten. Den wenigen Schädlingen unter den Vögeln steht jedoch die große Zahl der insektenfressenden Vögel gegenüber, die durch Minderung der Insektenwelt dem Menschen oft von großem Nutzen sind (vgl. Biologische Bekämpfung S. 71).

Als Säugetiere rechnen endlich die in Haus, Feld und Garten auftretenden Nagetiere zu den schädlichsten Tieren, neben ihnen kommt besonders in Baumschulen, Obstanlagen und Kohlfeldern den Hasen (Hasenfraß) und Kaninchen noch einige Bedeutung zu, während Eichhörnchen und Hochwild (Wildverbiß) meist nur gelegentlich, in waldreichen Gegenden jedoch noch stark schädigend auftreten.

C. Parasit und Wirtspflanze

1. Verhalten des Parasiten zur Wirtspflanze

Betrachten wir das Verhältnis des Parasiten zur Wirtspflanze, so müssen wir einerseits die vom Schädling getroffene Auswahl der Nährpflanze, andererseits die direkte Einwirkung des Parasiten auf die Nährpflanze berücksichtigen.

Unter den Krankheitserregern finden wir solche, die polyphag, d. h. bei der Auswahl ihrer Nahrung wenig wählerisch sind und mit einer Reihe der verschiedensten Pflanzen vorliebnehmen, solche, die oligophag sind,

d. h. die sich auf einige wenige bestimmte Pflanzen spezialisiert haben, und solche, die monophag sind, bei denen die Spezialisierung so weit gegangen ist, daß nur eine ganz bestimmte Pflanze als Nährpflanze für sie in Frage kommt. Es ist anzunehmen, daß die Polyphagie die ursprüngliche Ernährungsweise darstellt, und daß sich aus ihr die Oligophagie und Monophagie erst nachträglich entwickelt haben. Oft ist es möglich, die spezialisierten Schädlinge, insbesondere die des Insektenreiches, an andere, ihnen anfänglich fremde Pflanzen zu gewöhnen, so schlägt bei Massenauftreten die Oligophagie oft in Polyphagie zurück, indem aus Nahrungsmangel auch andere Pflanzen aufgenommen werden. In vielen Fällen aber ist die Spezialisierung der Tiere so streng durchgeführt, daß jede andere Nahrung abgelehnt wird und die Tiere vor Hunger eingehen. Auch ein anfangs geglückter Nahrungswechsel kann, wenn er mehrere Generationen nacheinander beibehalten wird, in späteren Generationen bei einzelnen tierischen Schädlingen Zwergwuchs, Nachlassen der Fruchtbarkeit und Aussterben verursachen. Die einseitige Ernährungsweise der oligo- und monophagen Tiere hat eine solche tiefgehende Änderung im Organismus hervorgerufen, daß das Fehlen bestimmter Stoffe in der Nahrung den Tieren die Ernährungs- und Lebensmöglichkeiten nimmt. Bei Anpassung mancher Insekten an „Giftpflanzen" sind, wie Versuche mit ausgelaugten Futterpflanzen gezeigt haben, selbst die für andere Tiere giftigen Pflanzensäfte zum lebensnotwendigen Bestandteil der Nahrung geworden.

Da der Aufenthaltsort der Insektenlarven vielfach schon von den Geschlechtstieren bei der Eiablage bestimmt wird, müssen bereits die eierlegenden Weibchen die den späteren Anforderungen der Larven entsprechenden Pflanzen aufsuchen; so bestiften die als Larven auf Kohl lebenden Weißlinge Pieris brassicae und P. rapae nur die bestimmte Glykoside enthaltenden Kohlpflanzen und sind auch durch glykosidhaltige Pasten künstlich zur Eiablage anzulocken. Da die Weibchen in den meisten Fällen durch den Geruchssinn geleitet werden, kommen auch falsche Eiablagen vor, indem die Eier wohl im Duftkreis der Wirtspflanze, jedoch auf dicht benachbarte fremde Pflanzen abgelegt werden; die ausschlüpfenden Larven können, falls sie starkes Wandervermögen zeigen, in diesen Fällen die geeignete Wirtspflanze selbst aufsuchen.

Polyphage Ernährung finden wir mehr bei den mit beißenden Mundwerkzeugen versehenen Insekten, oligophage und monophage mehr bei den saugenden Insekten; bei letzteren sind besonders die Pflanzenläuse meist auf eine einzige Pflanzengattung, oft auf bestimmte Spezies oder sogar auf einzelne Sorten der Pflanzenspezies angewiesen (Blutlaus, Reblaus). Bei den pflanzlichen Parasiten kommen die einzelnen Schädlinge

selten auf mehreren Pflanzenarten vor (z. B. Mistel), meist sind sie an bestimmte Wirtspflanzen gebunden (Weizensteinbrand, Apfelmehltau).

Die Spezialisierung kann bei einigen pflanzlichen und tierischen Schädlingen (Rost- und Mehltaupilzen, Blattläusen, Reblaus) so weit gehen, daß es oft möglich ist, aus der Wahl der Nährpflanze einerseits Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den einzelnen Schädlingen abzuleiten, andererseits bisher als einheitlich bekannte Arten der Parasiten in mehrere Arten aufzuteilen oder in Unterarten, Rassen und Formen zu trennen, die durch morphologische Merkmale nicht zu unterscheiden, wohl aber durch erbliche Verschiedenheit in ihrer Virulenz auf bestimmte Arten und Varietäten der Nährpflanze ausgezeichnet sind und die als „biologische Rassen" bezeichnet werden. Selbst in die Verwandtschaftsverhältnisse der Wirtspflanze hat die oligophage Lebensweise der Parasiten Aufklärung gebracht. So lebt nach M. Hering die Fliederminiermotte Xanthospilapteryx syringiella [1]) in Flieder, Liguster und Esche, also in Oleazeen, außerdem in der Eisbeere (Symphoricarpus), die zu den Kaprifoliazeen gehört; in jüngster Zeit hat man nun durch Serodiagnose [2]) festgestellt, daß Kaprifoliazeen und Oleazeen nahe verwandt sind.

Je spezialisierter ein Schädling ist, um so mehr ist sein Auftreten und seine Entwicklung durch das Vorhandensein seiner Nährpflanzen zeitlich bestimmt. Diese zeitliche Beschränkung hat bei einigen der Schädlinge (Rostpilzen, Blattläusen) zum Wirtswechsel geführt, indem zu verschiedenen Jahreszeiten bestimmte Wirtspflanzen befallen werden. Häufig ist der Wirtswechsel noch mit einem Generationswechsel im Entwicklungsgang des Parasiten verknüpft, so daß in vielen Fällen im Sommer sog. „Sommerformen" des Parasiten auf krautartigen, einjährigen Pflanzen vorkommen, im Winter andere Entwicklungsstadien des Parasiten als „Winterformen" bestimmte Holzgewächse befallen. So überwintert die im Sommer auf krautartigen Gewächsen lebende Blattlaus Aphis evonymi auf dem Spindelbaum, die auf dem Pflaumenbaum lebende Pflaumenblattlaus Aphis pruni wandert im Sommer u. a. auf das Schilfrohr und kehrt im Herbst auf die Pflaumenbäume zurück, wo das Ei überwintert. Von den Rostpilzen kommt z. B. der Schwarzrost Puccina graminis je nach der Jahreszeit auf Getreide und der Berberitze, der Kronenrost des Hafers Puccinia coronata auf Hafer und dem Faulbaum vor. — Zur Erklärung dieser weitgehenden Spezialisierung einiger Schädlinge auf ganz bestimmte Wirtspflanzen nimmt man an, daß jede Schädlingsart

[1]) Hering, M.: Die Biologie der Schmetterlinge. Biologische Studienbücher III, Berlin 1926.

[2]) Vgl. Gilg, E., und Schürhoff, P. N.: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Bd. 45, 1927, S. 315.

durch bestimmte, die Virulenz bedingende Eigenschaften ausgezeichnet ist, die alle anderen Schädlinge nicht besitzen, und daß auch die anfällige Wirtspflanze bestimmte, die Empfänglichkeit bewirkende Eigenschaften besitzt, die allein bei dieser Pflanze angetroffen werden.

Die Kulturpflanzen werden meist stark von Schädlingen befallen, da durch das dichte Zusammenstehen die Ansteckungsgefahr sehr groß ist, die künstlich hoch gezüchteten Pflanzen an sich oft schon weniger widerstandsfähig sind, auch nicht immer unter optimalen Bedingungen leben und daher ihre Widerstandskraft verlieren. Es ist verständlich, daß die Kenntnis der einzelnen, für die Ernährung und Entwicklung eines Schädlings wichtigen Pflanzen für die Schädlingsbekämpfung von großer Bedeutung ist. Auch die Abhängigkeit der Schädlinge von bestimmten Nährstoffen, die Wirkung von zeitweisem Nahrungsmangel oder von Nahrungswechsel auf Lebensdauer, Grad der Schädlichkeit, Fruchtbarkeit der Schädlinge und auf ihre späteren Generationen sind für die Bekämpfung wichtige Fragen, über die wir in den meisten Punkten leider noch gar nichts wissen.

An den Wirtspflanzen sind die Schädlinge auch oft an gewisse Entwicklungsstadien oder auf bestimmte Teile der Pflanze beschränkt. Die Jugendformen der Pflanzen oder einzelner Pflanzenteile (junge Blätter, Knospen) sind besonders gefährdet. Die Vorliebe mancher Pilze und Insekten für Keimlinge und Baumschulpfleglinge ist so groß, daß man direkt von Keimlings- und Baumschulkrankheiten sprechen kann. Von den Rostkrankheiten befällt der Schwarzrost den Roggen vor dem Schossen, während der Gelbrost den Weizen erst während der Zeit des Schossens befällt. Weiter sind die durch ungünstige Lebensbedingungen oder durch andere Parasiten schon geschwächten Pflanzen gegen manche Parasiten stärker anfällig; so bevorzugt die Rübenblattwanze die schon durch Blattlausbefall geschädigten Rübenpflanzen, der Eichenmehltau die durch Trockenheit geschwächten Eichen, die Borkenkäfer stellen mehr den Indikator für den krankhaften Zustand der Bäume als eine Krankheitsursache dar, während saprophytisch lebende Pilze als sogenannte „Schwächepilze“ auf kränkelnden Pflanzen zu fakultativen Parasiten werden können. Wenn auch die oft zu beobachtende Bevorzugung kränkelnder und schwächlicher Pflanzen durch die Parasiten dazu verleiten könnte, die Schädlinge vom Standpunkt der Natur aus nicht mehr als „Schädlinge der Pflanzenart“, sondern durch Ausrottung und Unfruchtbarmachung aller Kümmerformen als „entwicklungsfördernden Faktor“ anzusehen, so ist doch die Bevorzugung schwächlicher Pflanzen einmal allen Schädlingen nicht eigen und schließt auch nicht, wo sie zu finden ist, den Befall gesunder Pflanzen aus; dann aber werden, wie wir schon sahen, insbesondere unsere hoch-

gezüchteten Kulturpflanzen stärker befallen als ihre wilden Stammformen; erstere sind also in gewisser Weise schon „Schwächlinge", ihre Schädlinge verlieren daher für die menschlichen Belange den Wert als entwicklungsfördernder Faktor und bleiben Schädlinge (vgl. Schädlichkeitsbegriff, S. 9).

An den Pflanzen befallen die verschiedenen Krankheitserreger entweder Wurzeln oder Stamm (Stengel) oder Blätter, Blüten oder Früchte, in den seltensten Fällen kommen alle Organe einer Pflanze als Befallstellen für einen Schädling in Betracht. Der den einzelnen Organen einer Pflanze zugefügte direkte Schaden zeigt sich entweder als Substanzverlust, wie er bei jedem durch Insekten, Schnecken oder Hasen verursachten Fraß deutlich wird, oder aber die Schädigung ist nicht offensichtlich, wie wir sie bei Pilzerkrankungen, bei der Tätigkeit saugender Insekten oder Schäden nichtparasitären Ursprungs finden.

Bei Pilzerkrankungen[1]) sitzt das Pilzmyzel, wie es schon oben in der zusammenfassenden Übersicht kurz angegeben wurde, entweder den Pflanzenteilen äußerlich auf; die Pilze leben dann, wie die Mehltaupilze, ektoparasitisch, oder die Pilze leben entoparasitisch innerhalb des Pflanzenkörpers, wo sie entweder, wie die Peronospora und die Rostpilze, das Gewebe der einzelnen Organe interzellular durchwuchern, oder, wie die Erreger der Kohlhernie (Plasmodiophora brassicae) oder des Kartoffelkrebses (Synchytrium endobioticum), innerhalb einer Zelle eine intrazellulare Lebensweise führen.

Die Vermehrung der Pilze erfolgt durch Sporen, die durch Wind, Regen oder sonstige Transportmittel auf die Blätter der Pflanzen gelangen. Nach Auskeimen der Sporen bildet sich ein Keimschlauch, der bei den ectoparasitischen Pilzen sofort zum Myzel auswächst. Durch den bei der Berührung mit der Blattunterseite entstehenden Kontaktreiz werden besondere Haftscheiben, sog. Appressorien, gebildet, die zur Anheftung des Myzels an der Unterlage dienen. Zu seiner Ernährung treibt der Pilz, scheinbar durch chemische, von der Pflanze ausgeschiedene Reizstoffe veranlaßt, Saugorgane in die Pflanze ein, die als feine Haustorien die Epidermiszellen befallen oder als größere, oft verzweigte Ernährungshyphen tiefer in die Gewebe der Pflanze eindringen und dort geeignete Nährzellen aufsuchen. Bei den entoparasitischen, interzellular lebenden Pilzen wachsen die aus den Sporen auskeimenden Keimschläuche durch die Epidermis ins Blattinnere oder aber, was häufiger der Fall ist, die Keimschläuche werden durch Reizwirkungen bisher unbekannter, von der

[1]) Vgl. hierzu: Zimmermann, A.: Sammelreferate über die Beziehungen zwischen Parasit und Wirtspflanze. I. Die Erysiphazeen. Centralblatt für Bakt., II. Abt., Bd. 63, 1924/25. II. Die Uredineen. Ebenda Bd. 65, 1925. III. Sclerotinia, Monilia und Botrytis. Ebenda Bd. 69, 1926 und Bd. 70, 1927.

Pflanze ausgeschiedener Stoffe zu den Spaltöffnungen geleitet, wo sie dann, oft erst nach Ausbildung besonderer Appressorien, als „Eintrittshyphen" durch die Spaltöffnungsapparate in das Innere der Pflanze einwandern und ein das Interzellularsystem der Gewebe durchziehendes Myzel ausbilden. Nur in wenigen Fällen wird auch interzellularfreies Gewebe aufgesucht, in dem die einzelnen Hyphen dann unter Lösung der Mittellamelle die Zellmembranen spalten und zwischen den Zellen weiter wachsen. Auch diese entoparasitischen Pilze senden zu ihrer Ernährung Haustorien in die einzelnen Pflanzenzellen. Ob der Eintritt in die Zellen durch zelluloselösende Enzyme erzwungen wird, ist noch nicht bekannt. — Die entoparasitischen, intrazellular lebenden Pilze befallen direkt die Pflanzenzellen und leben in dieser Nährzelle meist bis zur Ausbildung neuer Fortpflanzungsorgane.

Das Vorhandensein der die Interzellularräume durchziehenden Myzele ist den Pflanzen ebensowenig nachteilig, wie die der Pflanze aufliegenden Myzelien der ectoparasitischen Pilze. Erst durch den Eintritt des Pilzes oder seiner Haustorien in die lebenden Zellen wird der Pilz zum eigentlichen Parasiten. Durch das Eindringen in die Nährzellen werden die normalen Lebensvorgänge in der Zelle gestört, es findet aber nur in den allerseltensten Fällen eine direkte Abtötung oder Aufzehrung der Nährzelle statt. Ein Schmarotzer, der sein Wirtstier bald abtötet, ist sozusagen ein Neuling oder ein Anfänger als Parasit. In den meisten Fällen wird die Zelle durch den Befall zu einem veränderten, meist intensiven Stoffwechsel veranlaßt, wodurch nicht allein die Ernährung der Zelle, sondern auch die Miternährung des Parasiten gewährleistet ist. Der Parasit schont also die lebenswichtigen Zellorgane (Zytoplasma und Zellkern), um möglichst lange, mindestens bis zu seiner Fruktifikation, sich die Zelle als Ernährungsquelle zu erhalten. Immerhin hat die von der Zelle unfreiwillig übernommene Funktion häufig morphologische Veränderungen der Zelle zur Folge, die meist in einer starken Zellvergrößerung (Kartoffelkrebs, Kohlhernie), häufig auch in einer abnormen Zellvermehrung sichtbar werden. Diese anatomischen Veränderungen, bei denen oft eine einseitige Ausbildung bestimmter Gewebearten, z. B. des parenchymatischen Speichergewebes, erfolgt, während die übrigen Gewebe reduziert bleiben, ziehen naturgemäß auch morphologische Formveränderungen der befallenen Organe nach sich, die als Kräuselungen, Blattrollungen, Gallenbildungen, Hexenbesen usw. in Erscheinung treten. Mit der Zellvergrößerung geht eine entsprechende Größenzunahme des Zellkernes Hand in Hand, oft treten auch, besonders in vorgeschrittenen Krankheitsstadien, einschneidende pathologische Erscheinungen am Kern auf, wie Kernteilungen und Kernauflösungen. In vielen Fällen ist auch Auflösung oder

Nichtausbildung der Chromatophoren beobachtet worden und damit zusammenhängend eine starke Stärkespeicherung, die der Ernährung des Pilzes zugute kommt. Das Zytoplasma wird im allgemeinen nicht geschädigt, es wird nur zu gesteigerter Lebenstätigkeit angeregt und dadurch mit zur Ernährung des Pilzes herangezogen. Hat der Pilz seine Entwicklung bis zur Fruktifikation beendet, so zerfallen meist die befallenen Zellen und Gewebe unter Welke-, Dürre- und Fäulniserscheinungen, Vorgänge, die als „Krankheitssymptome" für die Erkennung der betr. Krankheit wichtig sind (vgl. S. 29).

Die durch die Tätigkeit der saugenden Insekten[1]) verursachten Schäden beruhen letzten Endes auch auf Schädigungen einzelner Zellen, die in ihrer Gesamtheit und zusammen mit den von ihnen verursachten Folgeerscheinungen die Erkrankung des Organs oder der ganzen Pflanze ausmachen. Die saugenden Insekten bohren ihren biegsamen, chitinigen Saugrüssel in das Pflanzengewebe ein, wobei die Bohrtätigkeit in erster Linie von sägeartig gezahnten Maxillarborsten ausgeführt wird. Der Stichkanal benutzt meist die Interzellularräume, durchzieht aber auch Zellen und dringt bis zu den die Säfte führenden Leitbündeln vor. Die Stichkanäle sind von einer Scheide einer gallertigen, stark lichtbrechenden Substanz umschlossen, die dem Stichkanal die Form eines geschlossenen, den Saugakt ermöglichenden Rohres sichert. Die Umkleidungsmasse, die den Speicheldrüsen entstammt und nach der Entleerung bald erstarrt, wird besonders dort stark ausgebildet, wo der Stichkanal durch Zellen oder größere Interzellularräume hindurchführt. Durch abgeschiedene Speichelsekrete und durch den Saugakt selbst veranlaßt strömen die Pflanzensäfte in erhöhtem Maße an der Einstichstelle zusammen und werden damit den umliegenden Zellen entzogen, die dann unter ähnlichen Schädigungserscheinungen, wie beim Pilzbefall, geschwächt werden und absterben und damit ebenfalls Welken, Verfärbungen, Vertrocknen und Absterben der befallenen Organe oder der ganzen Pflanze bewirken.

2. Verhalten der Wirtspflanze zum Parasiten

Ähnlich wie sich der erkrankte menschliche Körper gegen den Krankheitserreger durch Bildung neuer Blutkörperchen, durch Temperaturerhöhung oder durch Ausscheidung von Gegengiften (Antitoxinen) wehrt, wird auch bei den Pflanzenkrankheiten der Kampf zwischen Parasit und Wirtspflanze nicht nur einseitig vom Parasiten geführt. In vielen Fällen hängt die Möglichkeit der Erkrankung von der Konstitution

[1]) Büsgen, M.: Der Honigtau. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften, Jena 1891.

der Pflanze ab, die im Gesundheitszustand (Wüchsigkeit) und in der Empfänglichkeit zum Ausdruck kommt, Eigenschaften, die sowohl durch äußere Einflüsse (Bodenfeuchtigkeit, Bodenart und Bodendüngung, Klima und Witterung), als auch durch erbliche Faktoren bedingt sein können. Durch äußere Bedingungen verursachte, oft nur individuell, häufig aber auch bei ganzen Sorten in Erscheinung tretende Empfänglichkeit bzw. Widerstandsfähigkeit nennt man Prädisposition, durch äußere Umstände nicht oder nur wenig beeinflußte Empfänglichkeit wird als Anfälligkeit oder Disposition (Erkrankung möglich) bzw. als Immunität (Erkrankung nicht möglich) bezeichnet. Zwischen der wirklichen Immunität und der stärksten Anfälligkeit gibt es zahllose Übergänge, die zur Erleichterung der praktischen Durchführung der Züchtung immuner Sorten in bestimmte Gruppen eingeteilt werden (vgl. S. 50).

Zur Abwehr stehen der Pflanze eine Reihe von Schutzmitteln und Schutzmaßnahmen zur Verfügung, die wir ihrer Natur nach als mechanische, physiologische und chemische Schutzmittel bezeichnen können. Führt die Pflanze mit Hilfe dieser Schutzmittel den Kampf gegen den Parasiten erfolgreich, so ist sie immun. Je nach dem Verhalten der Pflanze bei der Anwendung dieser Schutzmittel unterscheidet man eine passive und eine aktive Immunität.

Bei der passiven Immunität ist die Pflanze lediglich durch besondere Einrichtungen vor dem Schädlingsbefall geschützt, sie greift also nicht aktiv in den Kampf ein. Die auffälligsten Schutzeinrichtungen sind mechanischer Natur, die im anatomischen Bau des pflanzlichen Organismus begründet sind. Durch sie wird nach der heutigen Auffassung in vielen Fällen der Schädlingsbefall verhindert; nach Beseitigung der Hindernisse kann Schädlingsbefall eintreten. So sollen gegen Tierfraß viele Pflanzen durch besondere Epidermisausbildungen und Blattumgestaltungen (dichte Haarbildungen, Brennhaare, Drüsenhaare, Stacheln, Dornen) oder durch Einlagerungen von fraßhindernden Stoffen (Kieselsäurekristalle bei Schachtelhalmen) geschützt sein. Starke Wachsauflagerungen, dichte Haarbildungen, dicke Ausbildung der Kutikula, dickwandige Epidermiszellen oder schützende Korkschichten sollen in vielen Fällen die Pflanzen vom Befall durch Pilze und saugende Insekten frei halten. Durch eine zu geringe Anzahl von Spaltöffnungen ist bei manchen Weizensorten der Befall durch Rostpilze erschwert, durch zu enge Spaltöffnungen kann der Rostbefall sogar unmöglich gemacht werden. Ein Schädlingsbefall vollkommen hindernder Wert kommt diesen mechanischen Schutzmaßnahmen nicht zu, da auch diese Pflanzen niemals frei von Parasiten sind; so ist z. B. gerade die Brennessel eine bevorzugte Nährpflanze für die Raupen des Tagpfauenauges.

Die häufigsten und wichtigsten Schutzeinrichtungen der passiven Immunität sind chemischer Natur; leider wissen wir von ihrem chemischen Aufbau noch am wenigsten. Diese Schutzeinrichtungen beruhen auf eigenartigen, für den Parasiten ungünstigen Zusammensetzungen der Zelle, insbesondere des Zellsaftes, die in einigen bekannten Fällen im Vorkommen von Giften (Alkaloiden, Gerbsäure) liegen, in den meisten Fällen aber im Gehalt des Protoplasmas und des Zellsaftes an Säure, Tannin, Zucker oder proteinartigen Verbindungen gesucht werden. Das Protoplasma der Zellen ist bekanntlich ein labiler Zustand eines labilen Materials, das in jeder Pflanze, selbst in jeder der verschiedenartig funktionierenden Zellen wieder anders zusammengesetzt und aufgebaut ist. Auf diese feinen, mit unseren groben Verfahren weder erkennbaren noch meßbaren Plasmaunterschiede sind die Schädlinge, insbesondere die pilzlichen Krankheitserreger eingestellt, indem nur sehr wenige, ganz bestimmt zusammengesetzte Plasmaarten für den einzelnen spezialisierten Schädling als geeignete Nährböden in Frage kommen. Die chemischen Schutzvorrichtungen schließen nicht, wie die mechanischen Schutzvorrichtungen, einen Befall von vornherein aus, sondern führen durch die chemische Zusammensetzung des Zellsaftes zur Hinderung weiterer Fraßtätigkeit oder bieten dem schon ins Innere der Pflanze eingedrungenen Parasiten keine geeigneten Lebensbedingungen oder töten ihn ab. Die hohe Spezialisierung vieler saugender Insekten (Blutlaus, Reblaus) und vieler Pilze (Rost-, Mehltau-, Brandpilze) hinsichtlich der Nährpflanze scheint in erster Linie durch die chemische Zusammensetzung des Zellsaftes der verschiedenen Pflanzen bedingt zu sein.

Da die Zusammensetzung des Zellsaftes in gewissen Grenzen durch Ernährungs- und Düngungsverhältnisse beeinflußt werden kann, hängt in den Fällen unvollkommener Immunität die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen oft von äußeren Bedingungen ab; so spielt die Düngungsfrage bei der Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten eine nicht unbedeutende Rolle (vgl. S. 40). Weiterhin hat man aber auch versucht, nach Art der menschlichen Serumbehandlung die Zellsaftzusammensetzung durch geeignete Impfmittel günstig zu beeinflussen (vgl. S. 401).

Sowohl in den einzelnen Organen als auch im Entwicklungsgang der Pflanze variiert die Säftezusammensetzung, so ist besonders der Säure- und Zuckergehalt je nach Alter und Gewebe größeren Schwankungen unterworfen. Junges Gewebe zeigt nach Marchal[1]) meist eine neutrale Reaktion, in starkem Wachstum befindliches Gewebe infolge der Anhäufung der durch die Respiration entstandenen Rückstände saure Reak-

[1]) Marchal: Eléments de Pathologie végétale, Paris 1925.

tion; bei Abnahme der Zelltätigkeit geht der Säuregehalt wieder zurück. Es wird angenommen, daß dieser Wechsel der Reaktion neben anderen Änderungen der chemischen Zusammensetzung auf den Parasiten nicht ohne Einfluß bleibt, daß die Parasiten nur unter bestimmten, optimalen Ernährungsbedingungen leben können. So finden wir, daß einige Krankheitserreger Pflanzen und Pflanzenorgane nur während der Keimlingszeit und der Wachstumsperiode befallen, während andere erst die ausgebildeten Blätter bevorzugen. Es ist anzunehmen, daß außer den innerplasmatischen Zusammenhängen zwischen Parasit und Wirtspflanze, die offenbar die wichtigsten Faktoren für eine Immunität sind, bei der Anfälligkeit von Keimlingen und jungen Blättern auch noch mechanische Schutzmittel (noch nicht ausgebildete Kutikula) Bedeutung haben.

Endlich können die Schutzmaßnahmen der passiven Immunität auch biologischer Natur sein, indem durch zeitlich ungünstige oder sehr schnell vor sich gehende Ausbildung der vom Schädling sonst bedrohten Pflanzenorgane Schädlingsbefall verhindert wird. Schnell auflaufendes und schossendes Getreide setzt den Befall durch Fritfliegen, Keimlings- und Jugendkrankheiten stark herab. Schnell durchblühende Kulturpflanzen geben vielen Blüten- und Fruchtschädlingen (Apfelblütenstecher, Rapsglanzkäfer, Erbsenwickler) keine oder wenig Gelegenheit, Schaden anzurichten [1]).

Im Gegensatz zur passiven Immunität steht die aktive oder physiologische Immunität; sie umfaßt zahlreiche, auf enzymatischen Reaktionen zwischen dem Parasit und der Wirtspflanze beruhende Vorgänge. Nach dem Eindringen des Parasiten in die Pflanze werden in der Pflanze bestimmte physiologische Vorgänge ausgelöst, die durch Saft-, Harz- und Gummiausscheidungen die Wunden verschließen, durch Kallusbildung eine Überwucherung der Befall- und Wundstellen bewirken, durch Gallenbildungen den eingedrungenen Parasiten einkapseln oder durch Bildung von Korkschichten die Infektionsstelle vom gesunden Gewebe abriegeln und so den Parasiten am weiteren Vordringen hindern. Über die Art des Anstoßes zur Bildung von Wund- und Korkgeweben wissen wir

[1]) Auf die Theorie des Vorkommens sogenannter Bakteriophagen, d. h. „bakterienfressender" Bakterien, im Pflanzen- und Tierkörper sei nur kurz hingewiesen. Die Theorie, welche zur Erklärung des d'Hérelleschen Phänomens aufgestellt wurde und welche die bei manchen bakteriellen Erkrankungen oft beobachtete Zunahme der Immunität zu erklären sucht, nimmt an, daß in jedem Tier- und Pflanzenkörper lebende ultravisible Bakteriophagen im Krankheitsfall sich stark vermehren und durch ihre Tätigkeit die Krankheitserreger befallen, in ihrer Entwicklung hemmen und sogar vernichten. Die Theorie entbehrt bis jetzt jeder sicheren Grundlage.

noch nichts[1]). Nach den bisher vertretenen Ansichten kann der Anstoß erfolgen: a) durch Sekrete des eingedrungenen Parasiten, b) durch Atmungsfermente (Oxydasen), die bei der durch Wundreizwirkung vermehrten Sauerstoffzuführung entstehen, c) durch sog. Wundhormone, Zerfallprodukte, die beim Zerfall der geschädigten und abgetöteten Zellen auftreten. Die die Bildung der Wund- und Korkgewebe anregenden Reizstoffe können durch Diffusion von Zelle zu Zelle oder durch die Gefäße fortgeleitet werden, wodurch die oft in weiter Entfernung von der eigentlichen Befall- und Wundstelle eintretende Wundreaktion zu erklären ist.

Als Überempfindlichkeit oder Hypersensibilität wird weiterhin das Verhalten einiger Getreidearten gegenüber bestimmten Rostpilzen bezeichnet, bei welchem die Pflanze um die Befallstelle herum eine Schicht nekrotischen, d. h. abgestorbenen Gewebes ausbildet und so den Pilz am weiteren Umsichgreifen hindert. Die Deutung, die diese Überempfindlichkeit gefunden hat, ist für die Phytopathologie wichtig, da sie auf eine in der Pflanzenschutzforschung noch gänzlich ungeklärte, in der menschlichen Pathologie längst als sehr wichtig erkannte Art von Schutzmittel hinweist: auf die Bildung von Antitoxinen. Die Überempfindlichkeit kommt bei rostresistenten Getreidesorten vor, also bei Sorten, die wohl von Rostpilzen befallen werden, die jedoch nach kurzer Befallzeit dieser Pilze wieder Herr werden. In seinen umfangreichen, kritischen „Sammelreferaten über die Beziehung zwischen Parasit und Wirtspflanze" faßt A. Zimmermann[2]) die Deutung dieser Überempfindlichkeit dahin zusammen: jede Pflanze, ob anfällig oder resistent, scheidet gegen die Toxine der Pilze Antitoxine ab; diese Antitoxine wirken bei anfälligen Pflanzen auf die Nährzellen indifferent oder sogar fördernd, bei resistenten Pflanzen auf die Nährzellen jedoch schädigend ein. Durch diese Überempfindlichkeit der resistenten Sorten werden dann die Nährzellen abgetötet und dadurch dem Parasiten als Nahrungsquelle entzogen, durch die Abtötung der umliegenden Zellen wird weiter der Pilz noch von einem Ring nekrotischen Gewebes eingeschlossen und zum Absterben gebracht[3]).

Hypertrophisches Gewebe ist jedoch nicht immer ein Zeichen der Heilung, es kommt auch oft zum Schaden der Pflanze und zum Vorteil des Schädlings zur Ausbildung. So finden wir hypertrophisches Gewebe in den von der Blutlaus hervorgerufenen Wucherungen und Verdickungen der Zweige und Äste unserer Apfelbäume. Bei nicht-blutlausanfälligen Apfelsorten bleiben die Wucherungen aus, die Blutläuse finden daher an

[1]) Vgl. Köhler, E.: Arbeiten aus der Biol. Reichsanstalt, Bd. 11, S. 289; Bd. 13, S. 385; Bd. 14, S. 267; Bd. 15, S. 135.

[2]) Centralblatt für Bakteriologie 1925. II. Abt., Bd. 65.

[3]) Vgl. Sardiña, J. R.: Angewandte Botanik, Bd. 8, 1926, S. 289.

ihnen keine günstigen Ernährungsbedingungen. Das Ausbleiben der Bildung des hypertrophischen Gewebes kann dadurch erklärt werden, daß die Pflanze durch Bildung spezifischer Antikörper die Wirkung des zur Wucherungsbildung anregenden Insektengiftes aufhebt.

Als letztes Beispiel aktiver Immunität, ist noch die bei manchen Birnensorten beobachtete Autotomie anzuführen, bei welcher der Baum die von der Mistel befallenen jungen Triebe abstößt und den Parasiten damit vernichtet.

Versuchen wir, die auf eine Schutzwirkung hinzielenden, oben aufgeführten Eigenschaften der Pflanze hinsichtlich der Immunität zu bewerten, so müssen wir unbedingt den chemischen und physiologischen Hilfsmitteln der Pflanze die größte Bedeutung zuschreiben, während die mechanischen Mittel allein kaum in der Lage sein dürften, bei der großen Mannigfaltigkeit der Pilze (man kannte 1897 allein von den Rostpilzen schon 1700 Arten) die starke Spezialisierung der einzelnen Pilzspezies zu erklären. Für die Immunität der Pflanzen treten wahrscheinlich die verschiedensten Eigenschaften und Schutzeinrichtungen zu einem Komplex zusammen, in welchem dann auch den mechanischen Schutzmitteln eine gewisse Bedeutung zukommen kann.

Mit der Aufzählung aller Schutzmittel, die der Pflanze zur Abwehr ihrer Feinde zur Verfügung stehen, haben wir den Begriff der Immunität so weit gefaßt, daß wir darunter alle an Erbfaktoren gebundene Eigenschaften verstehen, die die Pflanze in mehr oder weniger vollkommener Weise vor Krankheiten und Schädlingsbefall bewahren. Eine Beschränkung des Immunitätsbegriffes etwa auf die aktive, physiologische Immunität, wie es vielfach in der Humanmedizin üblich ist, ist theoretisch nicht richtig und für die Phytopathologie praktisch nicht wünschenswert, da wir z. B. bei der Züchtung von Kulturpflanzen häufig Sorten als immun bezeichnen, die den verschiedensten mechanischen Schutzvorrichtungen ihre Immunität verdanken.

Ist der von der Pflanze mit dem Parasiten geführte Kampf erfolglos, so unterliegt sie seinem Angriff; sie ist anfällig und wird mehr oder weniger stark, unter Umständen bis zur Vernichtung, geschädigt. Hat die Pflanze andererseits in dem Kampfe Erfolg, so kann die Immunität auf Hinderung des Befalles oder auf Abtötung des Parasiten oder auf eine gewisse Duldung des Parasiten durch die Pflanze hinauslaufen, indem im letzten Falle der Parasit auf ein geringes Maß beschränkt bleibt. Diese Duldung kann zwei bestimmte Formen annehmen, von denen die eine für die Bekämpfung praktische Bedeutung hat, die andere biologisch interessant ist.

Bei der ersten Form der Duldung des Parasiten durch die Pflanze wird die befallene, aber nicht merklich geschädigte Pflanze zum „Parasitenträger", wie wir es z. B. bei den reblausresistenten Rebsorten finden, welche infolge ihrer Resistenz selbst nicht von der Reblaus trotz Befalls gefährdet sind, als Parasitenträger aber eine ständige Gefahr für die umliegenden, anfälligen, aber noch gesunden Rebstöcke bilden und so zur Reblausverbreitung beitragen.

Bei der zweiten Form der Duldung des Parasiten durch die Pflanze kann sich zwischen der Pflanze und dem Parasiten ein mehr oder weniger festes, verträgliches Verhältnis ausbilden, das unter Umständen zur echten Symbiose führt. Das klassische Beispiel einer solchen Umstellung sind die Knöllchenbakterien, welche die Wurzeln bestimmter Leguminosen befallen, dort kleine Gallen (Nodositäten) hervorrufen, von der Wirtspflanze leben, aber keine weiteren Schädigungen der Wirtspflanze herbeiführen, vielmehr durch Abgabe des von ihnen assimilierten Stickstoffs der Wirtspflanze noch nützen. Die Fälle eines solchen zur Symbiose gewordenen, ehemals parasitischen Zusammenlebens scheinen häufiger vorzukommen. So beschreibt Noël Bernard[1]) einen mit Orchideen zusammenlebenden, der Gattung Rhizoctonia angehörigen Pilz, der für das ganze Leben bestimmter Orchideen von größter Wichtigkeit ist. Schon zur Keimung der Samen muß der Pilz in dem Samen vorhanden sein, wo er unter Schonung des Embryos, der infolge seines Säuregehaltes immun ist, sich stark vermehrt und durch seinen Reiz dem Embryo den Anstoß zur Entwicklung gibt. Nicht vom Pilz befallene Samen keimen nicht. Für die Samen ist der Grad der Virulenz des Pilzes wichtig: ist nach Bernard die Virulenz qualitativ null, so findet keine Keimung des Samens statt; ist sie quantitativ unzureichend, so beginnt wohl der Embryo mit der Entwicklung, er stellt aber bald sein Wachstum ein und stirbt ab; bei optimaler Virulenz findet Samenkeimung statt, während bei quantitativ zu starker Virulenz der Pilz zum echten Parasiten wird und den Embryo zerstört. Auch in der späteren Entwicklung dieser Orchideen ist der Rhizoctonia-Pilz der ständige Begleiter der Orchideenpflanze, welcher nach Bernard zur Bildung sowohl der embryonalen Protocormus-Wucherungen als auch der endgültigen Orchideenknolle notwendig ist und z. B. bei der Orchidee Neottia nidus avis während der ganzen Vegetationszeit alle Organe durchzieht und nur die für die Orchideenpflanzen lebenswichtigen Vegetationspunkte schont. Sollten sich die Befunde Bernards durch weitere Untersuchungen bestätigen, so hätten wir in dem Rhizoctonia-Pilz der Orchideen

[1]) Zitiert nach Nicolle und Magrou: Les maladies parasitaires des plantes, Paris 1922.

ein gutes Beispiel dafür, wie ein Organismus je nach dem Grad seiner Virulenz bald nützlicher Symbiont, bald gefährlicher Parasit sein kann.

Fassen wir das Ergebnis unserer Betrachtungen über das Verhältnis der Pflanze zum Parasiten zusammen: Wichtig für die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlingen ist es, daß 1. die befallenen Pflanzen sich gegen den Krankheitserreger zur Wehr setzen und in den günstigsten Fällen den Krankheitsbefall unmöglich machen, daß 2. einzelne Individuen, Varietäten und Sorten diese den Krankheitsbefall erschwerenden Eigenschaften in besonders vollkommener Weise zeigen, daß 3. diese Eigenschaften einerseits, wenn sie als Standortsmodifikationen auftreten, durch geeignete Standortswahl, Düngung oder sonstige Kulturmaßnahmen gesteigert werden können, und daß andererseits, wenn diese Eigenschaften an Erbfaktoren gebunden sind, durch Auslese, Pfropfung und Immunitätszüchtung eine Steigerung dieser Eigenschaften und durch die Züchtung eine Kombination dieser Eigenschaften mit anderen wichtigen Eigenschaften der Kulturpflanzen möglich ist.

D. Die Krankheitserscheinungen

Die früher übliche rein ätiologische Betrachtungsweise der Pflanzenkrankheiten begnügte sich meist damit, die Krankheitserreger nach Art und Spezies genau zu bestimmen und ihre Biologie zu erforschen. Erst in neuerer Zeit ist man dazu übergegangen, die Pflanzenkrankheiten vom Standpunkt der erkrankten Pflanze zu betrachten, die Krankheit als solche in den Vordergrund zu stellen, die für die Krankheit wichtigen, zwischen Wirtspflanze und Parasit, Parasit und Klima und Witterung bestehenden biologischen Zusammenhänge zu erforschen und damit auch Ursache und Anlaß für das Auftreten der Pflanzenkrankheiten zu finden. Die epidemiologische Betrachtungsweise der Pflanzenkrankheiten mußte zuerst auf die Krankheitserscheinungen oder Krankheitssymptome stoßen. Als erste haben Appel und Westerdijk[1]) eine Einteilung der durch Pilze verursachten Krankheiten in dieser Richtung durchgeführt, später hat Morstatt[2]) in seiner vorzüglichen „Einführung in die Pflanzenpathologie“ eingehend die Krankheitserscheinungen aller durch organische und anorganische Einflüsse entstehenden Pflanzenkrankheiten behandelt.

Als Krankheitserscheinungen oder Krankheitssymptome bezeichnet man die durch die Einwirkung der Parasiten oder anorganischer Ursachen auf die Wirtspflanze, durch die Abwehr der Wirtspflanze und durch damit zusammenhängende postmortale Vorgänge

[1]) Appel und Westerdijk: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten 1919, Bd. 29, S. 176—186.

[2]) Morstatt, H.: Sammlung Bornträger Bd. I, Berlin 1923.

sichtbar werdende Veränderungen des normalen Aussehens der Pflanze. Die Krankheitssymptome treten oft zu mehreren auf und machen dann zusammen das Krankheitsbild aus. So verursacht die Reblaus Wurzelgallen und Wurzelfäule, Blattgallen, Blattverfärbungen, Blattdürre und schließlich Absterben der ganzen Pflanze, alles Symptome, die zusammen das Bild der reblauskranken Pflanze abgeben. Wenn auch einzelne Krankheiten nach ihren Hauptsymptomen z. B. als Wurzelfäule, Blattrollkrankheit, Fleckenkrankheit oder Welkekrankheit bezeichnet werden, so ist mit diesem Namen die Art der Krankheit insofern nicht eindeutig bestimmt, als alle diese Symptome durch ganz verschiedene Ursachen hervorgerufen werden können. Das Hauptsymptom aller Welkekrankheiten, das Welken, beruht auf einer Turgoränderung der oberirdischen Pflanzenteile, die durch Tier- und Pilzbefall an Wurzeln oder Stengeln oder durch anorganische Einflüsse (Ernährungsstörungen durch Wassermangel oder ungünstige Bodenbeschaffenheit) bewirkt werden kann; alle diese Ursachen stören durch Schädigung der Wurzeln oder der Leitungsbahnen die Wasserversorgung der Pflanze. — Bei vielen, durch tierische oder pilzliche Schädlinge verursachten Krankheiten kann der Parasit selbst eine Zeitlang das Hauptsymptom der Krankheit darstellen (Blattlausbefall, Mehltau, Mistel).

Bei der Einteilung der Krankheitserscheinungen unterscheidet H. Morstatt folgende Gruppen:

1. Welkeerscheinungen, die durch Turgordruckminderung, zu starke Verdunstung, Wassermangel, Gefäßkrankheiten, Wurzel- und Stengelfäule, klimatische Störungen oder Wurzelschädigungen durch Tiere verursacht sind;
2. Verfärbungen, die durch Licht- und Eisenmangel, Ernährungsstörungen, Rauchschäden, Pilzbefall, saugende Insekten verursacht sind;
3. Absterbeerscheinungen (Dürren, Fäulen), die oft im Anschluß an Welkeerscheinungen durch Hitze und Trockenheit, Pilze und Insekten verursacht sind;
4. Formveränderungen (Blattrollungen, Gallbildungen, Zwergwuchs, Taubährigkeit, anormale Bestockung), die durch anorganische und organische Ursachen bewirkt sind;
5. Wunden, die durch Nagen, Schaben, Bohr- und Minierfraß, durch Witterung (Hagel, Frost, Blitz) hervorgerufen werden;
6. Ausscheidungen, die aus Wunden als Schleim-, Gummi- oder Harzfluß erfolgen;
7. Krankheitserreger als Symptome: Pilzbelag (Sporenlager), saugende Insekten, Moose, Flechten, Mistel, Kleeseide.

E. Auftreten und Verbreitung der Schädlinge

Mußten für den Krankheitsbefall der Einzelpflanzen schon bestimmte Vorbedingungen erfüllt sein, die in der Virulenz des Schädlings, in der Empfänglichkeit der Pflanze und in äußeren Faktoren lagen, so sind für das Entstehen von Massenvermehrungen der Schädlinge, sog. Schädlingskalamitäten, auch gewisse Vorbedingungen notwendig. Eine Massenvermehrung bestimmter Organismen erfolgt in der Natur immer bei Vorhandensein optimaler Lebensbedingungen. Auch hier sind diese Vorbedingungen ein Komplex von Einzelerscheinungen, die sämtlich für das Auftreten einer Schädlingsplage notwendig sind. Außer den inneren Faktoren (z. B. günstige Verhältniszahl der Geschlechter, gesunde, zeugungskräftige Eltern) sind für den Schädling besonders die äußeren Faktoren von Bedeutung, wie das zeitlich günstige Vorhandensein hinreichender und geeigneter Nährpflanzen, optimale Witterungsbedingungen, das Fehlen der natürlichen Feinde und das Unterlassen der für den Schädling ungünstigen Kultur- und Bekämpfungsmaßnahmen. Bezüglich der Nährpflanzen ist es wichtig, daß wir selbst durch den Anbau unserer Kulturpflanzen im Feld- und Gartenbau oder in reinen Waldbeständen eine Massenvermehrung der Schädlinge stark begünstigen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Schädlingsplagen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt an Häufigkeit und Heftigkeit zunehmen, nicht weil wir sie vorher nicht kannten oder nicht beachteten, sondern weil wir durch immer intensivere Kultivierung die für die Schädlinge geeigneten, durch künstliche Hochzucht oft noch besonders anfällig gewordenen Nährpflanzen heranziehen und sie in großen, reinen Beständen dem Schädling geradezu zur Verfügung stellen. Wir können unter Umständen durch unsere Kulturpflanzen die schon vorhandenen und an sich oft harmlosen Tiere auch heute noch, wie es z. B. der Koloradokäfer und die Reblaus zeigen, zu den größten Schädlingen machen. Der Koloradokäfer war am Fuße der Rocky Mountains auf Solanum rostratum heimisch, er stellte sich erst nach Einführung des Kartoffelbaus ganz auf die Kartoffel um und wurde ihr gefürchtetster Schädling. Die in Amerika beheimatete und den amerikanischen Reben nicht schädliche Reblaus wurde ebenfalls erst nach Einfuhr der stark reblausanfälligen europäischen Edelrebe zum größten Rebschädling. Durch Einführung der modernen, intensiven Betriebsweise wurden die Erdraupen im Gouvernement Kursk, die bis dahin in bäuerlichen Betrieben kaum auftraten, zum größten Schädling der Rüben, der oft Kahlfraß ganzer Felder verursachte.

Ebenso wichtig, wie der Massenanbau unserer Kulturpflanzen, sind die Umweltfaktoren, die in optimalen Boden-, Klima- und Witterungs-

verhältnissen vorhanden sein müssen [1]). Leider ist unser Wissen über die Abhängigkeit der Schädlinge von diesen Faktoren noch sehr lückenhaft; was wir wissen, sind nur einzelne Erfahrungstatsachen, die im Vergleich zu den zahlreichen Abhängigkeitsverhältnissen, die z. B. zur Beurteilung der Nonnen- und Forleulenkalamitäten zu berücksichtigen wären, sehr kläglich sind. Die Erfahrung hat gelehrt, daß höhere Temperatur- und niedere Feuchtigkeitsgrade die Entwicklung der tierischen Schädlinge, in erster Linie die der Insekten, stark begünstigen, daß hingegen höhere Feuchtigkeit und niedere Temperaturen die Entwicklung hemmen. So war im heißen, trockenen Sommer 1911 in der Provinz Sachsen die Blattlausplage so stark, daß die Rübenernte fast ganz vernichtet wurde, und daß wegen der massenhaft fliegenden Blattläuse das Radfahren erschwert war und die Straßenbahnführer in einzelnen Städten besondere Schutzbrillen tragen mußten. Auch die Entwicklung fressender Insekten (Raupen) wird durch Wärme und Trockenheit so beschleunigt, daß in einem Jahre mehrere Generationen auftreten können. So kann die Obstmade, die in kühlen Sommern in Deutschland nur eine Generation zeigt, in heißen Sommern zwei Generationen hervorbringen; in Ländern mit sehr heißen Sommern sind selbst drei und mehr Generationen keine Seltenheit (Kiefernspinner in Spanien = zwei Generationen). Den massenhaft auftretenden Blattläusen, Raupen und Borkenkäfern kommt weiterhin die infolge der Dürre stark herabgesetzte Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen zunutze, während Feuchtigkeit und häufige Regenfälle nicht allein die Schädlinge in ihrer Entwicklung hemmen, sondern auch z. B. die durch die Tipulalarven verursachten Schäden durch starkes Wachstum der befallenen Wiesen und Weiden ausgleichen lassen.

Bei Witterungsumschlägen finden oft Blattlausplagen ein plötzliches Ende, ohne daß wir immer den Grund für den Zusammenbruch kennen; häufig dürfte die eingetretene Feuchtigkeitserhöhung die pathogene Mikroflora (Entomophthoreen usw.) derart begünstigen, daß die Beendigung der Plage durch die seuchenartig auftretenden Erkrankungen der Schädlinge zu erklären ist. Auch Raupenplagen sehen wir einige Jahre lang unsere Kulturbestände vernichten, bis sie dann plötzlich erlöschen aus Ursachen, von denen uns die Tätigkeit der für die Raupen pathogenen Organismen am bekanntesten ist, ohne aber zu wissen, ob diese Organismen die einzige oder die wichtigste Ursache des Zusammenbruchs sind.

Gegen kalte, trockene Winter sind unsere bodenständigen, tierischen Schädlinge sehr widerstandsfähig, während milde und nasse Winter ihnen

[1]) Mumford, E. Ph.: Cotton stainers and certain other sap-feeding insect pests of the cotton plant (A preliminary enquire into the effect of climatic and soil conditions upon the incidence of these pests). London 1926.

recht große Schäden zufügen können. Die früher allgemein verbreitete Ansicht, daß lange Frostperioden Schädlingsplagen hindern könnten, ist also für die Mehrzahl unserer recht kälteresistenten Schädlinge nicht zutreffend. Zieht sich jedoch die Frostperiode bis weit ins Frühjahr hin, so können die wieder größere Lebenstätigkeit zeigenden oder in ihrer Entwicklung zu weit fortgeschrittenen Tiere auch durch starke Kälte geschädigt werden; so beendete die im Jahre 1922 von Januar bis März dauernde Kälteperiode und die darauf folgende starke Schneeschmelze die in Schlesien herrschende starke Mäuseplage.

Für die pilzlichen Schädlinge liegen meist die optimalen Lebensbedingungen anders als bei den Tieren, hier begünstigt hohe Luftfeuchtigkeit das Auskeimen der Sporen, also die Infektion, und hohe Wärme sorgt für ein schnelles Wachstum des Myzels und für eine schnelle Ausbildung neuer Sporenlager. Das stärkere Auftreten von Pilzkrankheiten wird daher besonders in feuchten Sommern, in regenreichen Gegenden und in Senkungen und Talmulden mehr beobachtet als in trockenen Sommern, in regenarmen Gegenden und auf Höhen und freien Lagen.

Eine „Kalamität" braucht jedoch nicht immer in einer Massenvermehrung der Schädlinge zu bestehen; beim Traubenwickler z. B. kann schon durch besondere Witterungsverhältnisse die normalerweise auf eine bestimmte kurze Zeit beschränkte und dadurch eine Bekämpfung ermöglichende Flugzeit der Falter so verzettelt und in die Länge gezogen werden, daß die Falter den ganzen Sommer über Eier legen, also ständig Raupen vorhanden sind und so eine durchgreifende Bekämpfung sehr erschwert wird.

Außer der Massenvermehrung ist die Ausbreitung der Schädlinge wichtig, die bei einigen tierischen Schädlingen durch selbsttätiges Wandern oder Fliegen, bei anderen tierischen Schädlingen und bei pflanzlichen Parasiten durch passive Ortsveränderung erfolgen kann. Als Beispiel des Wanderns sei an die großen Heuschreckenschwärme erinnert, die schon in Zügen von 20 km Breite und 100 km Länge beobachtet sind. Die Gründe des Wandertriebes, der nicht allein durch Nahrungsmangel und Suche nach geeigneten Eiablagestätten verursacht zu sein scheint, sind noch unbekannt. — Die in Amerika durchgeführten Beobachtungen vom Freiballon haben ergeben, daß auch bei der Verbreitung fliegender Insekten weniger ein durch Nahrungsmangel bedingter, beabsichtigter Flug stattfindet, sondern daß häufig Luftströmungen und Winde die treibenden Ursachen sind. Es wurde beobachtet, daß eben ausgeschlüpfte, also noch wenig flugtüchtige Insekten durch aufwärts gerichtete Luftströmungen zu Höhen von 30 bis 900 m über den Erdboden getrieben und dort von den Winden über große Strecken fortgeführt wurden. So dringen in Nord-

amerika Insektenformen, die nördlich der subtropischen Zone nicht überwintern können, trotzdem in jedem Jahre mit Hilfe der Winde bis Kanada, zuweilen sogar bis zur Arktis vor. Daß besonders für die leichten Pilzsporen Wind und Wasser vorzügliche Transportmittel zur Verbreitung sind, ist bei der Kleinheit dieser Gebilde erklärlich.

Die beste Verbreitungsmöglichkeit gibt aber der Mensch mit seinem Handel und Verkehr; so finden wir, daß die Einschleppung von Schädlingen in irgendein Land meist auf den wichtigsten Handels- und Verkehrsstraßen erfolgt. Durch den Überseeverkehr erhielt Europa von Amerika u. a. die Phytophthorakrankheit der Kartoffel, den Mehltau, die Reblaus und die Peronospora des Weinstockes, die Blutlaus und den amerikanischen Stachelbeermehltau, den Chrysanthemum- und Malvenrost, die Mehlmotte und andere Vorratsschädlinge, alles Schädlinge, die einschneidend in unser Wirtschaftsleben eingriffen. Die eingeschleppten Schädlinge finden, wenn ihnen das Klima zusagt, meist die günstigsten Lebensbedingungen, so daß sie in der neuen Heimat häufig weit größere Schädlichkeit zeigen als in der alten Heimat. So wurden Goldafter und Schwammspinner, die in Europa nur örtlich begrenzt eine größere Bedeutung erhalten können, nach der Einschleppung in Amerika zur wahren Landplage. Zur Bekämpfung eingeschleppter Schädlinge hat sich vielfach die biologische Bekämpfungsmethode als geeignet erwiesen (vgl. S. 67).

III. Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge

Die Mittel und Maßnahmen, die der Mensch zur Unterstützung der Pflanze in ihrem Kampfe mit den Schädlingen anwendet, laufen in den allerseltensten Fällen auf eine „Heilung" der befallenen und erkrankten Organe und Pflanzen hinaus. Während es in der Humanmedizin darauf ankommt, das erkrankte Einzelindividuum unter allen Umständen zu retten und am Einzelorganismus auch die erkrankten Organe nach Möglichkeit sämtlich zu erhalten, ist eine „Heilung", d. h. eine Wiederherstellung des ursprünglichen, normalen Zustandes, bei den meisten Pflanzenkrankheiten nicht möglich. Wohl können bei den erkrankten Pflanzen Wunden durch Wundkork und Überwallungen „geheilt" werden, im allgemeinen aber sind die Organe der Pflanze viel zu empfindlich, als daß eine Wiederherstellung des früheren gesunden, d. h. normalen Zustandes bei ihnen überhaupt möglich wäre. Auch die Erhaltung des Einzelindividuums tritt in den meisten Fällen hinter der Rettung der Ernte oder der Erhaltung des Nutzungswertes der gesamten Kulturanlage völlig zurück. Ist in einem Bestande eine Pflanze so stark erkrankt, daß sie für die Nachbarschaft die größte Ansteckungsgefahr darstellt, so wird sie mit den auf oder in ihr sitzenden Parasiten vernichtet, eine Maßnahme, die für die Humanmedizin undenkbar ist und die deutlich den Unterschied zwischen den beiden Arten der Krankheitsbekämpfungen zeigt. — Sowohl die prophylaktischen als auch die therapeutischen Mittel und Maßnahmen des Pflanzenschutzes erstreben die Gesunderhaltung der ganzen Pflanze oder der noch nicht erkrankten oder befallenen Pflanzenteile, indem entweder die Schädlinge am Befall gehindert und die anorganischen Ursachen ausgeschaltet werden, oder indem die Parasiten allein oder mit den befallenen Pflanzenteilen vernichtet werden. Wir sehen, daß also auch hier wieder der Schädling vor dem erkrankten Organismus in den Vordergrund tritt, daß alle Maßnahmen nicht auf eine Krankheitsheilung, sondern auf eine Schädlingsbekämpfung hinzielen.

Mit dem Anbau von Nutzpflanzen trat für den Menschen das Bedürfnis ein, krankhafte, den Nutzwert mindernde Störungen im Wachs-

tum der Kulturpflanzen zu beseitigen. Man kann drei Perioden unterscheiden, in denen der Mensch, den jeweiligen Wirtschaftsbedürfnissen und seiner Kenntnis über Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge entsprechend, sich verschieden zu den Störungen einstellte. In der ersten Periode, die mit einigen Ausnahmen bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts zu rechnen ist, stand der Mensch den Schädigungen unwissend und machtlos gegenüber; er nahm sie als unabänderliche Tatsachen oder als Himmelsstrafen hin und versuchte, sie durch Gebete, Bittprozessionen und Opfer zu bannen. So schleuderte [1]) sogar der Papft Benedikt VIII. den Bannfluch gegen die in der Umgegend von Rom auftretenden Heuschrecken und befahl ihnen, sich ins Meer zu stürzen. Auch im Anfang der zweiten Periode war unsere Kenntnis bezüglich der Lebensweise und der Bedeutung der Parasiten noch sehr gering; man entdeckte die Schädlinge erst, wenn der Schaden deutlich sichtbar, d. h. beträchtlich groß war; als Abwehr kam dann nur noch die therapeutische Bekämpfung, d. h. die Vernichtung der Schädlinge in Frage. Infolge unserer mangelhaften Kenntnisse war in der ersten Zeit der zweiten Periode das Suchen nach brauchbaren Mitteln ein unsicheres, den Zufall abwartendes Tasten, die Ergebnisse einer solchen Schädlingsbekämpfung konnten niemals voll befriedigend sein, da sie mit der äußerst primitiven, empirischen Arbeitsmethode gewonnen wurden. Erst in der neueren Zeit ist man daran gegangen, nach Erforschung der Biologie und der Physiologie der Schädlinge und der Kulturpflanzen und ihrer Abhängigkeit voneinander spezifische Bekämpfungsmittel und Maßnahmen ausfindig zu machen; heute stehen uns zur Bekämpfung der Schädlinge schon eine Reihe guter, therapeutisch wirkender Mittel zur Verfügung. — In der dritten Periode, die in voller Stärke erst nach 1900 einsetzte, wurde neben den therapeutischen Mitteln die rein prophylaktisch wirkenden Maßnahmen, insbesondere die Kulturmaßnahmen, als besondere Bekämpfungsmittel erkannt. Man hatte in vielen Dingen klarer sehen gelernt, dank der wissenschaftlichen Pflanzenschutzforschung, die uns nicht nur die Lebensweise und die Eigenarten vieler Schädlinge und die Möglichkeit ihrer Bekämpfung, sondern auch im Pflanzenbau die Grundlagen und Vorbedingungen für günstige Lebens- und Wachstumsbedingungen und, damit zusammenhängend, für eine Kräftigung und Gesunderhaltung unserer Kulturpflanzen gezeigt hat. Der Gedanke der vollständigen und endgültigen Vernichtung irgendeines Pflanzenschädlings ist ebenso undurchführbar und daher ebenso absurd, wie der Plan, durch restloses Vernichten aller Cholera- und Diphtherie-

[1]) Nach Hollrung, M. Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, Berlin 1923.

bazillen die Menschheit von diesen Krankheiten zu befreien. So bleiben die therapeutischen, in erster Linie chemischen Mittel, die Arzneimittel der Humanmedizin und die Spritz-, Stäube- und Räuchermittel im Pflanzenschutz immer nur die „ultima ratio", das letzte Hilfsmittel, das wir allerdings in sehr vielen Fällen noch nicht entbehren können oder niemals werden entbehren können. Aber genau so, wie sich in der Humanmedizin der Gedanke der Hygiene, d. h. der unbedingten Kräftigung des menschlichen Körpers durch Schaffung günstigster Lebensbedingungen für den Menschen durchgesetzt hat und dadurch viele Krankheiten, z. B. die Cholera, in der gemäßigten Zone zu den Seltenheiten hat werden lassen, genau so zwingen uns die Ergebnisse der Pflanzenschutzforschung und die Forderung nach rationellem Anbau unserer Kulturgewächse dazu, auch im Pflanzenschutz den Satz: „Vorbeugen ist besser und billiger als heilen" als Leitsatz aufzustellen. Wir wollen daher bei der Betrachtung der einzelnen Bekämpfungsarten, welche wir als Kulturmaßnahmen, als biologische Bekämpfung und als technische Bekämpfung (mit physikalischen und chemischen Mitteln) unterscheiden, die vorbeugend wirkenden Kulturmaßnahmen den übrigen Bekämpfungsarten voranstellen.

A. Kulturmaßnahmen

Wie bei Menschen und Haustieren, so sind auch bei unseren Kulturpflanzen die kräftigsten Individuen den Folgen der Angriffe und Schädigungen ihrer Feinde und ihrer Krankheitserreger nicht so sehr ausgesetzt wie unterernährte oder schwach entwickelte Individuen. Die als vorbeugende Bekämpfungsmethoden zu bewertenden Kulturmaßnahmen zielen daher in erster Linie darauf hin, durch geeignete Bodenpflege, durch sachgemäßen Anbau und richtige Pflege der Pflanzen und durch Auslese und Züchtung die Pflanzen zu kräftigen und gesund zu erhalten. „Kulturmaßnahmen" sind oft die besten und billigsten, in vielen Fällen sogar die einzig möglichen „Bekämpfungsmaßnahmen", da oft die Kleinheit der Schädlinge, ihr örtlich vereinzeltes Auftreten, ihre große Vermehrungsmöglichkeit und ihre geschützte Lebensweise eine Anwendung chemischer oder physikalischer Mittel nicht zulassen (z. B. Blasenfüße, Rostpilze), oder da bei großen Massenzuchten die Einzelbehandlung der erkrankten Pflanzen nicht durchgeführt werden kann. Die Bekämpfung einzelner Schädlinge, wie z. B. der Hafermilbe, kann sogar überflüssig werden, wenn ihr Auftreten nur Symptom einer durch äußere Einflüsse bedingten, das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen hemmenden Ernährungsstörung ist, daher durch geeignete Düngemittel leicht beseitigt werden kann.

So sehr die Kulturmaßnahmen als vorbeugende Bekämpfungsmittel in früheren Jahren aus Unkenntnis nicht beachtet wurden, so hat es doch

auch eine Zeit gegeben, in der sie überschätzt wurden. Die Abhängigkeit der Krankheitsanfälligkeit vom Gesundheitszustand wurde u. a. auch von Justus von Liebig erkannt; einige seiner Schüler gingen jedoch so weit, daß sie alle Krankheiten der Pflanzen auf ungünstige Lebensbedingungen zurückführten und alle Schädlinge nur als Sekundärerscheinungen auffaßten. Erst später wurde, teilweise durch de Bary und durch Julius Kühn, die Bewertung der Kulturmaßnahmen eingeschränkt, ohne dabei aber den ungünstigen Lebensbedingungen einen schädlingsfördernden Einfluß abzusprechen. Wie sich dieser Einfluß ungünstiger Außenbedingungen auf die Anfälligkeit im Organismus der Pflanze auswirkt, wissen wir in den meisten Fällen, besonders auf dem Gebiete der Düngung, nicht. Wir sehen nur, daß Nährstoffe und Feuchtigkeit, Temperatur, Licht und sonstige Außenfaktoren ein Minimum, Optimum und Maximum der Einwirkung auf das Wachstum und die Krankheitsanfälligkeit der Pflanze zeigen[1]). Je größer die Spanne zwischen Minimum und Maximum der Einwirkung verschiedener Außenfaktoren auf eine Pflanze ist, um so größer ist im allgemeinen auch die Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegen Krankheitsbefall.

1. Standortswahl und Bodenpflege

Daß vor Anlage einer Pflanzung (in wirtschaftlichem Sinne) Standort, Klima und Bodenart berücksichtigt werden müssen, ist selbstverständlich, da jede Pflanzenart, oft sogar jede Sorte, an die klimatischen Verhältnisse sowie an den Nährstoffgehalt und die physikalische Beschaffenheit des Bodens die verschiedensten Anforderungen stellt.

Der Einfluß des Standortes, insbesondere von Klima und Witterung[1]), ist am bekanntesten bei unsern Obst- und Rebsorten, da viele von ihnen, aus wärmeren südlichen Ländern stammend, gegen ungünstige Klimaverhältnisse sehr empfindlich sind. Daß aber nicht immer wärmere, allgemein als gute Obstlagen bekannte Klimabezirke für eine bestimmte Obstsorte die günstigsten zu sein brauchen, zeigt der an ein rauhes Klima angepaßte Boikenapfel, der in wärmeren Obstlagen sehr stark von Mehltau befallen wird.

Oft täuscht bei vielen Obstsorten die durch günstige Klimaverhältnisse bewirkte große Widerstandsfähigkeit gegen Krankheit Immunität vor; so scheint z. B. die Blutlausfestigkeit mancher Apfelsorten selten erblich, meist nur eine vom Klima abhängige Standortserscheinung zu sein. Im Weinbau hat es die große Empfindlichkeit der einzelnen Rebsorten gegen Klima und Bodenverhältnisse bewirkt, daß die einzelnen Rebsorten in

[1]) Vgl. Anmerkung 1 auf Seite 32.

bestimmten Gegenden „ansässig“ wurden, wie der Gutedel im Markgräfler Land, der Riesling an Rhein und Mosel und der Silvaner in Franken und in der Pfalz. Die Standortsabhängigkeit wurde jedoch bisher zu wenig beachtet bei den Kartoffelsorten, die meist im Osten Deutschlands auf leichten Böden gezogen wurden, als Pflanzkartoffeln zum Westen kamen und dort unter gänzlich anderen Klima- und Bodenverhältnissen infolge erhöhter Krankheitsanfälligkeit bald keinen ausreichenden Ertrag mehr einbrachten. Man bezeichnete lange Zeit diesen durch falsche Standortswahl verursachten Rückgang irrtümlich als Abbaukrankheiten oder als Degeneration (vgl. S. 9).

Außer den klimatischen Verhältnissen können für die Standortswahl auch noch örtlich eng begrenzte Bedingungen, wie Sonnenseite, Windseite, Tiefenlage des Grundstückes, von Wichtigkeit sein; so wird man für den Anbau von Wein stets die Südabhänge, zum Anpflanzen großfrüchtiger Obstsorten stets windgeschützte Stellen bevorzugen.

Ebenso wichtig wie das Klima sind die Bodenverhältnisse[1]). Wenn wir auch sehen, daß einige Krankheiten auf bestimmten Bodenarten besonders häufig sind, daß z. B. schwere tonige Böden den Obstbaumkrebs und die Phytophthorakrankheit der Kartoffel, leichte, sandige Böden den Kartoffelschorf begünstigen, so wird doch selten ein direkter Einfluß der Bodenarten auf die Schädlinge bestehen. In den meisten Fällen wird je nach dem Boden eine Begünstigung oder Hemmung des Wachstums und des Gesundheitszustandes der Pflanze eintreten und dadurch werden ungünstige oder günstige Verhältnisse für den Schädlingsbefall geschaffen. Bei dem oben angeführten Beispiel für die Anbaumöglichkeit von Obst- und Rebsorten ist die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens ebenso wichtig, wie die klimatischen Verhältnisse. Im Gegensatz aber zum Klima können wir die Bodenverhältnisse bis zu einem bestimmten Grade für die Pflanzen günstiger gestalten durch Maßnahmen, die als Bodenbearbeitung und Bodendüngung bekannt sind.

Eine gründliche, sachgemäße Bodenbearbeitung vor der Aussaat und dem Auspflanzen ist die Vorbedingung für gutes Auflaufen und Anwachsen der Pflanzen. So ist z. B. zur Bekämpfung des durch den Pilz Phoma betae verursachten Rübenwurzelbrandes sofort nach dem Abernten der Vorfrucht eine gute Bodenbearbeitung und bei leicht verkrustenden Böden auch später noch eine ständige Bodenlockerung durch Hacken, Verwendung von Stachelwalzen oder durch Streuen von Kalk zu empfehlen, damit man Keimung und Wachstum beschleunigt und die junge Rübenpflanze möglichst schnell über das gegen den Pilzbefall allein

[1]) Vgl. Anmerkung 1 auf Seite 32.

empfindliche Jugendstadium hinwegbringt. Tiefes Pflügen und Liegenlassen der groben Scholle über Winter bewirkt eine gute Aufschließung des Bodens durch den Winterfrost und die Entstehung der für die Kräftigung der Pflanzen und damit für die Fruchtbarkeit notwendigen Krümelstruktur des Bodens. Der im Sommer gut durchgearbeitete Boden hält mehr Feuchtigkeit fest als der ungelockerte Boden, er wird durchlüftet, und seine Nährstoffe werden besser aufgeschlossen und der Pflanze nutzbar gemacht.

Durch geeignete und ausreichende Düngung sorgt man für schnelles Auflaufen und kräftiges Wachstum der jungen Pflänzchen und bringt sie durch diese Schnellwüchsigkeit rascher über die Zeit der größten Anfälligkeit hinweg; der Landwirt sagt: „Die Pflanzen wachsen dem Schädling aus dem Maul." So wird gegen Blasenfüße und Fritfliege eine Kopfdüngung des Getreides mit stickstoffhaltigen Düngemitteln zur Kräftigung der Pflanzen empfohlen. Je nach den Bedürfnissen der betreffenden Kulturpflanze und je nach der Beschaffenheit und dem Nährstoffgehalt des Bodens muß der Dünger ganz verschieden gewählt werden. Doch auch der Schädlingsbefall wird häufig durch die Düngung beeinflußt [1]). Durch überreichliche Zufuhr von Stickstoff in Form von Stallmist und Jauche werden zahlreiche, durch anorganische und organische Ursachen hervorgerufene Pflanzenkrankheiten begünstigt. Stickstoffdüngung verlängert die vegetative Wachstumsperiode und setzt die Pflanze daher längere Zeit der Infektionsgefahr aus, während Kali- und Phosphorsäuredüngung ein schnelles Ausreifen bewirken und daher die Zeit der Infektionsmöglichkeit abkürzen. Außerdem verursachen die Düngemittel verschiedene Strukturänderungen. Nach zahlreichen Literaturangaben bewirkt übermäßige Stickstoffdüngung eine starke Ausbildung der Assimilationsgewebe, großer Interzellularräume, großen Saftreichtums und geringe Ausbildung von Bastzellen, außerdem geringe Dicke der Kutikula und große, dünnwandige Epidermiszellen, alles also Eigenschaften, die eine Verweichlichung der Gewebe darstellen und den Schädlingsbefall begünstigen. Durch Kalidüngung hingegen soll die Dicke der Kutikula erhöht, durch Phosphorsäuredüngung eine stärkere Ausbildung der mechanischen Gewebe (Holzfasern usw.) erreicht werden. Kali- und Phosphorsäuredüngung werden daher zur allgemeinen Kräftigung der Pflanzen und zur Erhöhung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Krankheitsbefall (z. B. Peronospora, Botrytis oder Stielfäule der Reben, Rostpilze, Apfel- und Stachelbeermehltau, Blutlaus und Blattläuse) verwendet. Endlich können auch Düngemittel Zellsaftänderungen bewirken.

[1]) Schaffnit, E., und Volk, A.: Über den Einfluß der Ernährung auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Parasiten. Forschungen auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten und der Immunität im Pflanzenreich. Jena 1927, Heft 3.

So soll Stickstoffdünger zu einer vermehrten Stärkeentwicklung, zur Steigerung der Menge der reduzierenden Zuckerarten und zur Minderung der Säuren in den Pflanzensäften beitragen und so den Befall durch zuckerhaltige Nährböden liebende Pilze begünstigen. Wie die Fernhaltung der Schädlinge in jedem Einzelfalle zu erklären ist, ob durch Änderung der Zellsaftzusammensetzung oder der Zellsaftreaktion die pilzlichen und tierischen Schädlinge abgehalten oder durch Ausbildung fester, das Eindringen der Saugrüssel oder der Eintrittshyphen erschwerender Gewebe die Schädlinge am Befall gehindert werden, ist meist noch nicht so bekannt, wie es im Interesse praktischer Fragen wünschenswert wäre.

Auch überreichliche Düngung, sog. „Überschußdüngung", wird den Pflanzen gegeben, um die durch die Schädlinge verursachten Säfteverluste auszugleichen. Wenn diese Maßnahme auch zur Erhaltung der Ernte beiträgt und daher zu „Scheinerfolgen" führt, so kann sie als Bekämpfungsmaßnahme nicht anerkannt werden, da sie die Schädlinge, z. B. die Nematoden, nicht schädigt, ihnen im Gegenteil gute Lebensbedingungen gewährt, so daß dadurch die Verseuchung eher gesteigert als vermindert wird.

Düngemittel, welche nicht zur Kräftigung der Pflanze, sondern auf Grund ihrer ätzenden Wirkung zur Vernichtung oder Abhaltung von Bodenschädlingen gegeben werden, sind nicht als Kulturmaßnahmen in der oben angegebenen Definition anzusehen, sondern müssen, wie die auf die Vernichtung von Bodenschädlingen hinzielenden Bodenbearbeitungsmaßnahmen, zu den technischen Bekämpfungsmethoden gerechnet werden. Ebenso wird auch die günstige Wirkung des Kalkstickstoffes auf den Weizensteinbrandbefall von L. Hiltner und F. Lang[1]) nicht auf Stärkung der Widerstandskraft der Weizenpflanze gegen Steinbrand, sondern auf eine direkte, germizide Wirkung des Düngemittels auf die Brandsporen zurückgeführt (vgl. Beizmittel).

Für den Gesundheitszustand der Pflanzen ist weiterhin die Bodenreaktion von großer Bedeutung. Wir finden, daß Kartoffeln auf schwach sauren Böden gut gedeihen, auf neutralen und alkalischen Böden leicht schorfig werden und im Ernteertrag zurückgehen. Die gelbe Lupine, die direkt kalkfeindlich ist, wird auf neutralen und alkalischen Böden leicht chlorotisch. Auch die Hortensie verlangt nach E. Hiltner einen schwach sauren Boden und verträgt oft schon nicht das Begießen mit kalkhaltigem Leitungswasser. Die Rüben hingegen verlangen einen neutralen oder schwach alkalischen Boden und werden überall da gegen Wurzelbrand (Phoma betae) und die Rübenfliege (Pegomyia hyoscyami) anfällig, wo

[1]) Hiltner und Lang: Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1922, S. 253.

der Boden sauer oder kalkarm ist. So zeigen die einzelnen Pflanzenarten gegen die Bodenreaktion ein verschiedenes Optimum; zur Gesunderhaltung der Pflanzen müssen also Böden mit bestimmter Reaktion zum Anbau gewählt und Düngemittel mit bestimmter Reaktion zur Verbesserung ungeeigneter Böden ausgesucht werden.

Aus der Menge der durch die falsche Bodenreaktion verursachten „Ernährungs- und Wachstumsstörungen" müssen wir aber noch zwei Erscheinungen besonders betrachten, die ganz den Charakter einer Krankheit tragen und wegen der von ihnen bewirkten Ernteausfälle eine große wirtschaftliche Bedeutung haben: die Dörrfleckenkrankheit und die Bodensäurekrankheit. Die am Hafer beobachtete Dörrfleckenkrankheit ist nach Scherpe[1]) auf ein Übermaß alkalischer Humusstoffe im Boden zurückzuführen; zur Bekämpfung ist daher Kalkdüngung zu meiden und statt Thomasmehl ist Superphosphat und als Stickstoffdünger schwefelsaures Ammoniak zu verwenden. Direkt läßt sich die Krankheit auch mit Mangansulfat bekämpfen. O. Arrhenius[2]), der die Ursachen der Dörrfleckenkrankheit allein im großen Überschuß an Kalk in der Bodenlösung sieht, erklärt die krankheitsfördernde Wirkung der Ammoniumsalze dahin, daß Nitrate die Aufnahme von Salzen beschleunigen und dadurch eine überreichliche und schädliche Salzaufnahme bewirken; nach ihm sind Düngungen mit Chloriden und Sulfaten des Mangans und des Ammoniums die besten Kulturmaßnahmen. Die gleiche Annahme einer in keinem Verhältnis zur Kohlenstoffassimilation stehenden übernormalen Nährsalzaufnahme als Ursache der Dörrfleckenkrankheit führte E. Hiltner[3]) zur Aufstellung eines Kohlensäure-Mineralstoffgesetzes, in welchem er sagt: „Der Aufnahme zu großer Mengen oder physiologisch nicht ausgeglichener Bodennährstoffe muß die Pflanze — soll das Optimum der Gesundheit gewahrt bleiben und sollen nicht Störungen im Gleichgewicht der chemischen Bausteine und damit der Ernährung eintreten — eine genügende Kohlensäureassimilation entgegenstellen können. Bedingen Witterung, Lichtverhältnisse und vor allem künstliche Ernährung usw., daß dies nicht der Fall ist, so treten Ernährungsstörungen ein, die in Krankheiten sichtbar zum Ausdruck kommen und unter Umständen selbst auf das Saatgut übergehen." Nach E. Hiltner beruht die günstige Wirkung des Mangans gegen die Dörrfleckenkrankheit auf einer Stimulation des Assimilationsapparates der Pflanze, der durch stärkere Kohlenstoff-

[1]) Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt 1920, Bd. X.

[2]) Nach Referat aus Neuheiten aus dem Gebiet des Pflanzenschutzes 1924, Bd. III, S. 29.

[3]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1924, Bd. 60.

aufnahme das Gleichgewicht mit der übermäßigen Nährsalzaufnahme wieder herstellt.

Der zweiten Stoffwechselerkrankung, der Bodensäurekrankheit, liegt die Tatsache zugrunde, daß saure Bodenreaktion häufig ungünstig auf die Pflanzen einwirkt. Von den Getreidesorten sind gegen Bodensäure insbesondere Gerste und Weizen, von anderen Kulturgewächsen noch Bohnen, Erbsen und die Kleearten sehr empfindlich. Die Symptome der als Bodensäurekrankheit bezeichneten Erkrankung sind die Ausbildung kleiner, verkümmerter, oft auch langer, dünner, mit wenigen Wurzelhaaren versehener Wurzeln und eine grauweiße bis rotgelbe Verfärbung und ein Absterben der Pflanze. Die starke Zunahme der Krankheit wird auf die besonders nach dem Kriege vermehrte und oft alleinige Anwendung physiologisch saurer Düngesalze (wie Ammoniumsulfat, Ammoniumchlorid und Kalisalze) und auf die Vernachlässigung der alkalischen Kalkdüngung zurückgeführt. Die oben erwähnten, an sich neutralen Salze bezeichnet man als physiologisch sauer, da von der Pflanze der basische Teil (Stickstoff, Kalium) in höherem Maße aufgenommen wird als der saure Anteil (Säurerest), der dann im Boden verbleibt und sich dort anreichert. Enthält nun der Boden Kalk, so wird die Säure als Kalziumsulfat oder Kalziumchlorid gebunden; fehlt aber der Kalk oder geht der Kalkgehalt durch die stete Säurebildung allmählich verloren, so wird der Boden in seinen physikalischen (Zerstörung der Krümelstruktur, Neigung zur Verkrustung), seinen physiologischen (Änderung der Mikroflora) und chemischen Eigenschaften (saure Reaktion) für bestimmte Pflanzen ungünstig verändert. Auch als „Austauschazidität" kann die Bodensäure durch Basenaustausch zwischen den Düngesalzen und den Bodensilikaten hervorgerufen werden. Die der Landwirtschaft zur Verfügung stehenden Düngemittel lassen sich in physiologisch saure, neutrale, physiologisch alkalische und alkalische einteilen, von denen die alkalischen Düngesalze (Ätzkalk, Mergel, die kohlensauren Salze des Kalziums, Kaliums und Ammoniums, Kalkstickstoff und Thomasmehl) zur Bekämpfung der Bodensäurekrankheit in Frage kommen. Zur Feststellung der Krankheit werden in Deutschland die Bodenproben in der Regel den Staatlichen Versuchsanstalten eingesandt, die den Säuregrad bestimmen und die zur Vorbeugung oder Heilung der Bodensäurekrankheit notwendigen Kalkmengen angeben. Der Säuregrad, der in p_H-Werten (Wasserstoffionenkonzentration; p_H 7 : neutral, unter p_H 7 : sauer, über p_H 7 : alkalisch) angegeben wird, kann nach verschiedenen Methoden bestimmt werden, von denen die Bestimmung mit Hilfe des Trénelschen Azidimeters [1])

[1]) Trénel, M.: Intern. Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. 14, 1924; Mitteilungen aus dem Labor. der Preußischen Geolog. Landesanstalt, 1925, Heft 6.

(kolorimetrische Bestimmung der Azidität mittels einer Chinhydronelektrode) wegen der schnellen und einfachen Arbeitsmethode die für praktische Zwecke brauchbarste zu sein scheint.

Zur Pflege des Bodens gehört auch die Regelung der Wasserverhältnisse. Übermäßige Feuchtigkeit bewirkt schlechte Ernten, weil die Pflanzen in einem zu nassen, infolgedessen auch zu kalten Boden schlecht gedeihen und in ihrer Widerstandskraft, insbesondere gegen die feuchtigkeitsliebenden pilzlichen Krankheitserreger geschwächt werden. Durch sachgemäße Dränage wird das schädliche Grundwasser beseitigt, das überflüssige Regenwasser schnell abgeleitet, der Boden besser durchlüftet, die Verwitterung beschleunigt und das Pflanzenwachstum gefördert. Infolgedessen reifen die Früchte schneller und eine für die Schädlingsbekämpfung oft sehr wichtige frühzeitige Aussaat ist möglich. Als Beispiel für die schädliche Wirkung des Grundwassers seien die Beobachtungen an der ägyptischen Baumwolle angeführt, die nach wenigen Anbaujahren Ernteminderungen zeigte; außer anderen Ursachen wird insbesondere das Steigen des Grundwassers als Ursache angenommen, indem die tieferen Wurzeln infolge Sauerstoffmangels absterben, Blüten und Kapseln teilweise abfallen und die Baumwollfasern nur unvollkommen zur Ausbildung kommen. — Bei allzu großer Trockenheit muß andererseits eine Bewässerung der Grundstücke einsetzen, wie sie in kleinem Ausmaße auf Wiesen und Rieselfeldern und im großen in sehr wasserarmen Gegenden (z. B. in den Oliven- und Zitruskulturen Spaniens) durch Überfluten und durch Wasserkanäle, in wertvollen Kulturen durch besondere Beregnungsapparate durchgeführt wird. Welchen Einfluß die Bewässerungsverhältnisse auf den Schädlingsbefall haben können, zeigen indische Beobachtungen[1]), nach denen im Winter kurz bewässerte, in gut durchlüftetem Boden stehende Obstbäume keinen Blattlausbefall zeigten, während direkt benachbarte, im Winter lange überflutete Bäume stark befallen waren.

Auch der Gummifluß wird durch zu große Bodenfeuchtigkeit gefördert. Bei der Bewässerung der Orangenkulturen in Spanien versucht man daher durch ringförmige Erdwälle das Wasser von den einzelnen Stämmen und Wurzelkronen fernzuhalten.

2. Anbau und Pflege der Pflanzen

Für die Gesunderhaltung unserer Kulturpflanzen sind ferner Pflanzzeit, Pflanzweite, Pflanztiefe, Fruchtwechsel und, wenn möglich, Pflege der Einzelpflanze wichtig.

---

[1]) Agric. Res. Pusa Bull. 1921, 119.

Da die Schädlinge in der Regel mehr von der Witterung abhängen als die Kulturpflanzen, können Pflanz- und Aussaatzeiten häufig so gelegt werden, daß für die Schädlinge ungünstige Verhältnisse hinsichtlich ihrer Ernährung und Eiablage eintreten, indem die Pflanzen zur Zeit des Auftretens der Schädlinge entweder aus dem am meisten bedrohten anfälligen Lebensalter hinaus sind oder erst nach dem Verschwinden der Schädlinge in dieses Lebensalter eintreten. Es ist bekannt, daß Pferdebohnen um so weniger unter Blattläusen zu leiden haben, je kräftiger sie zur Zeit des Blattlausauftretens sind, d. h., je zeitiger sie im Frühjahr gelegt sind. Andererseits kann, wie es z. B. bei der Rübenblattwanze geschieht, eine möglichst späte Aussaat empfohlen werden, um die junge Saat dem ersten, gefährlichsten Befall zu entziehen. Zur Verhütung der Schäden durch die Fritfliegen, welche in ihren Flugzeiten Ende August bis Mitte September und von Anfang Mai ab in erster Linie nur die zwei- bis dreiblätterigen, selten die vierblätterigen Pflanzen mit Eiern belegt, wird eine späte Aussaat des Winter- und eine frühzeitige Aussaat des Sommergetreides empfohlen, wobei die Eigentümlichkeiten der einzelnen Sorten und die örtlichen klimatischen Verhältnisse berücksichtigt werden müssen. Für eine große Anzahl anderer tierischer Schädlinge läßt sich gleichfalls Pflanz- und Saatzeit ungünstig auswählen, während für die pilzlichen Erreger die Wahl eines geeigneten Zeitpunktes nicht immer möglich ist. Für sie kommen nur augenblickliche Witterungs- und Temperaturverhältnisse in Frage, so wird zur Bekämpfung des Haferflugbrandes (Ustilago avenae), dessen Sporen erst bei 5° C keimen, eine recht frühe Aussaat des Hafers empfohlen.

Bei allen diesen Maßnahmen ist jedoch zu bedenken: die Wahl der Pflanz- und Saatzeit kann sich nicht allein nach dem Schädlingsbefall richten, sondern eine ganze Reihe anderer, ebenso wichtiger Gesichtspunkte muß beobachtet werden, die in der Eigenart der Kulturpflanze (Optimum für Temperatur und Feuchtigkeit bei Keimung, Länge der Entwicklungsperiode bis zur Vollreife usw.) und in den Klima- und Bodenverhältnissen liegen.

Weiter sind Pflanzweite und Aussaatdichte wichtig. Zum Ausgleich von Schäden wird oft eine reichlichere Verwendung des Saatgutes vorgeschlagen, doch ist zu bedenken, daß bei zu dichtem Stand die Pflanzen durch gegenseitige Beschattung und oft durch Nahrungsmangel geschwächt und dadurch gegen Schädlinge und Krankheiten anfälliger werden. Wie durch einen weiten Stand die Einzelpflanzen gekräftigt werden können und der Ernteertrag gesteigert werden kann, zeigen folgende Versuche[1]) an Getreide, bei denen bei der 1. Versuchsreihe

[1]) Die Umschau 1923, 27. Jahrg., H. 48.

das Saatgut mit der Rillensämaschine gedrillt wurde und einer Saatgutmenge von 90 kg ein Ernteertrag von 1850 kg gegenüberstand, bei der 2. Versuchsreihe das Saatgut einzeln mit der Hand in die Rillen gelegt wurde und die Saatgutmenge nur 30 kg, die Ernte jedoch 9000 kg betrug, und bei denen bei der 3. Versuchsreihe die Getreidekörner einzeln gesät und die jungen Getreidepflanzen einzeln gesetzt wurden und die Saatgutmenge durch den weiten Stand auf 6,4 kg vermindert, die Ernte aber auf 24 000 kg gesteigert werden konnte. Wenn auch diese Zahlen nur einen theoretischen Wert haben, da eine solche Getreideaussaat feldmäßig nicht durchgeführt werden kann, so geben die Versuche doch Fingerzeige, daß bei den feld- und plantagenmäßig angebauten Pflanzen des Feld-, Garten-, Obst- und Weinbaues die Einzelpflanzen nicht zu dicht stehen dürfen und nach Möglichkeit gut gepflegt werden müssen (Hacken und Häufeln, Aufbinden, Beschneiden und Auslichten, richtige Erziehungsart, Unkrautbekämpfung), um Luft und Licht reichlich Zutritt zu geben, den Schädlingen weniger gute Gelegenheit zur Entwicklung zu gewähren und eine sachgemäße Durchführung der notwendigen technischen Maßnahmen zu erleichtern. Ein zu dichter Pflanzenbestand begünstigt besonders das Auftreten der Pilzkrankheiten, da eine große Luft- und Bodenfeuchtigkeit das Auskeimen der Pilzsporen ermöglicht und das Wachstum des Myzels stark fördert. So finden wir Botrytis und Peronospora in zu dichten Rebbeständen, Rost und Fusarium in dichten Getreidebeständen und Keimlingskrankheiten in zu dicht gepflanzten Saatkästen. Daß auch tierische Schädlinge durch geringe Pflanzweite begünstigt werden, zeigen dicht gepflanzte und daher meist stark von Blutlaus heimgesuchte Obstgärten. Bei einer Reihe unserer Kulturpflanzen (z. B. Rüben) wird nach anfänglich dichter Aussaat durch Verziehen der jungen Rübenpflanzen ein weniger dichter Pflanzenbestand erreicht. Der Zeitpunkt des Verziehens kann wichtig sein für den Schädlingsbefall; wartet man z. B. bei den Rüben mit dem Verziehen bis nach Beendigung der Eiablage der Rübenfliege, so werden mit den 90 bis 95 Proz. verzogenen Rübenpflänzchen auch 90 bis 95 Proz. der Eier und Larven vernichtet. Da die Larven in den verzogenen Pflanzen leicht zur Notverpuppung schreiten, müssen die verzogenen Rüben sofort verbrannt, verfüttert oder mit Ätzkalk kompostiert werden. Auch zur Bekämpfung des Rübenaaskäfers wird empfohlen, den Zeitpunkt des Verziehens bis nach dem Höhepunkt der Larvenentwicklung zu verlegen, da sonst die Larven weiterwandern und dadurch die Fraßstelle vergrößern.

Je nach dem Schädling und der Kulturpflanze kann auch der Pflanztiefe Bedeutung zukommen. So ist beim Auftreten der die festen und trockenen oberen Erdschichten meidenden Drahtwürmer das Getreide möglichst flach unterzubringen und anzuwalzen, damit in den

oberen Erdschichten eine stärkere Bewurzelung eintritt und die Pflanzen den Drahtwürmern entzogen werden. Andererseits sind Erbsen recht tief in den Boden einzulegen und später noch zu häufeln, damit sie schon als kräftige Pflänzchen herauskommen und als solche von den Sperlingen nicht mehr gern gefressen werden. Pflaumenbäume, die zu tief gepflanzt sind, leiden oft sehr stark unter der Narrentaschenkrankheit, während bei anderen Obstbäumen durch ein zu tiefes Pflanzen der Obstbaumkrebs sehr begünstigt wird.

Die durch einseitigen Anbau einer Kulturpflanze entstehenden Schäden können oft durch die Anlage von Mischbeständen oder bei einjährigen Pflanzen durch Fruchtwechsel behoben werden. Wie durch Anbau in dichtstehenden reinen Beständen sowohl die Pflanzen leicht geschwächt als auch für den Schädling die besten Lebensbedingungen geschaffen werden können, zeigen die Nonnen- und Forleulenkalamitäten in unseren „zur besseren Nutzholzgewinnung" angelegten reinen Waldbeständen. Man bietet in diesen Beständen nicht nur den Schädlingen die ihnen zusagenden Nährpflanzen in dichten Anpflanzungen an, man unterbindet durch Störung des Gleichgewichtszustandes der Natur nicht nur den Vogelschutz, sondern es entstehen auch durch die zu einseitige Ausnutzung des Bodens, die durch keinen fremden Laubabfall wieder ersetzt wird, schließlich dürre magere Waldbestände, die den Schädlingen willkommen sind und ihnen auch sofort zum Opfer fallen. Rückkehr zum Mischwald ist das beste Mittel zur Vermeidung derartiger Schäden. Die Wirkung gemischter Baumbestände auf die Schädlinge zeigte sich besonders deutlich bei der 1924 in den märkischen Waldungen auftretenden Forleulenkalamität an einer dichtgepflanzten, vierreihigen Birkenallee, die ein größeres Waldstück durchzog; die Forleulen hatten auf der einen Seite der Birkenallee die Kiefern völlig kahl gefressen, hatten aber die breite Allee nicht überquert, sondern waren an den ihnen zunächst stehenden Birken aus Nahrungsmangel in solchen Massen eingegangen, daß ihre toten Leiber um jeden Birkenstamm herum einen 10 bis 15 cm hohen, eingetrockneten „Kuchen" bildeten; die Waldpartie auf der anderen Seite war frei von Raupenfraß.

Der Rückgang reiner Waldbestände wurde zuerst an Buchen („Buchenmüdigkeit") und Eichen beobachtet; aber auch an den anspruchsloseren Nadelhölzern, die man an Stelle der kränkelnden Eichen und Buchen pflanzte, zeigte sich nach anfangs vorzüglicher Entwicklung auch bald Ertragsrückgang.

Auch im Feldbau führt der ständige Anbau nur einer Pflanzenart zur einseitigen Verarmung des Bodens und damit zur Verkümmerung der Pflanzen; zur Gesunderhaltung ist hier ein geeigneter Fruchtwechsel am

Platz. Die Vorzüge des Fruchtwechsels bestehen in der denkbar besten Ausnutzung der Bodennährstoffe; besondere Bedeutung erlangt der Fruchtwechsel aber noch als Mittel zur direkten Vermeidung von Pilz- und Insektenschäden. Sehr viele Schädlinge haben sich bezüglich ihrer Wirtspflanze so einseitig festgelegt (Kohlhernie, Kartoffelkrebs, Nematoden), daß durch Anbau anderer, dem Schädling nicht zusagender Kulturpflanzen Ernteausfälle vermieden werden können. Ein solcher Fruchtwechsel ist besonders zur Bekämpfung derjenigen Schädlinge zu empfehlen, bei denen andere Bekämpfungsarten nicht oder nur schwer durchzuführen sind.

Eine Pflege der Einzelpflanzen ist durch den kulturmäßigen Anbau vieler Pflanzen in größeren Beständen meist unmöglich geworden; wir finden eine solche Pflege nur an besonders wertvollen Kulturpflanzen. Sieht man von der gärtnerischen Blumenzüchtung ab, so kann man sagen, daß eigentlich nur die mehrjährigen Bäume und Sträucher des Obst- und Ziergartens und die Weinrebe sich einer Einzelbehandlung und besonderer Pflege erfreuen. Im allgemeinen ist ein Auslichten der Bäume, Sträucher und Rebstöcke durch sachgemäßes Beschneiden nützlich, um durch Licht- und Luftzufuhr Wachstum und Gesundheitszustand der Pflanze zu kräftigen und sie gegen Krankheitsbefall widerstandsfähiger zu machen, für pilzliche (z. B. Peronospora, Mehltau, Botrytis) und tierische Schädlinge (z. B. Blutlaus und Traubenwickler) ungünstige Lebensbedingungen zu schaffen und die Durchführung der technischen Bekämpfung mit chemischen Mitteln (Spritzen und Stäuben) zu erleichtern. Ist das Gleichgewicht zwischen der Kohlensäure- und der Nährsalzaufnahme (vgl. Kohlensäure- und Mineralstoffgesetz, S. 42) gestört, wie es zum Beispiel häufig als Ursache des Gummiflusses des Steinobstes der Fall ist, so kann durch Ringeln oder Schröpfschnitte des Stammes oder durch Beschneiden der Wurzeln das physiologische Gleichgewicht wieder hergestellt und der Schaden behoben werden. Endlich ist für den Gesundheitszustand der Rebe die Erziehungsart ebenso wichtig wie die Hacktätigkeit und das Anhäufeln für unsere Hackfrüchte.

3. Auslese und Züchtung

Zur Erlangung eines kräftigen Pflanzenbestandes ist Sortierung und Beschaffung von gesundem Saat- und Pflanzgut und gesunder Setzlinge Vorbedingung. Die ursprünglichste Art der Sortierung besteht darin, durch „Handauslese“ äußerlich minderwertige Samen, Knollen und Setzlinge vom Anbau auszuschließen. Für bestimmte Kulturpflanzen (z. B. Getreide) sind besonders konstruierte Sortier- und Reinigungsmaschinen in Gebrauch. Zur Beschaffung gesunden Saat- und Pflanzgutes sind dem deutschen Praktiker der Staat und die landwirtschaftlichen Körperschaften

erfolgreich zu Hilfe gekommen, indem z. B. für das im Feldbau zur Verwendung kommende Saat- und Pflanzgut ein Anerkennungsdienst und zahlreiche Samenkontrollstationen eingerichtet wurden, und indem die Einfuhr von mancherlei Art Pflanzgut und Stecklingen einer reichsgesetzlichen Regelung zur Verhütung der Einschleppung bestimmter Schädlinge unterworfen wurde (vgl. S. 407 und 410). Der Anerkennungsdienst (vgl. S. 406) hat nach Römer[1]) heute geradezu den Zweck, „die durch das Saatgut übertragbaren Krankheiten zu verdrängen, wie es z. B. beim Flugbrand der Gerste sehr gut gelungen ist, beim Flugbrand des Weizens mehr und mehr gelingt, dagegen beim Haferflugbrand noch nicht gelungen ist".

Für die Bekämpfung von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten durch Auslese und Züchtung sind zwei Tatsachen wichtig: Einmal die starke Spezialisierung einzelner Schädlinge auf ganz bestimmte Wirtspflanzen, außerdem die natürliche Aufspaltung vieler Kulturpflanzen in Varietäten, Rassen und Linien, die gegen Krankheiten und Schädlinge verschiedene Anfälligkeit zeigen. Hier setzt zuerst einmal die Individualauslese ein, die einerseits alle kränkelnden und die Krankheitsverbreitung begünstigenden Einzelindividuen entfernt und vernichtet, andererseits die unanfälligen Individuen begünstigt und nur sie zum Weiteranbau verwendet. Die Individualauslese hat große Bedeutung gefunden bei Kulturgewächsen, die sich vegetativ durch Knollen, Zwiebeln, Ableger und Stecklinge vermehren oder künstlich vermehrt werden. Zweckmäßig ist es, die vegetativen Vermehrungsorgane nur aus Gegenden oder von Kulturen zu beziehen, die von der betreffenden Krankheit frei sind, eine Maßnahme, die bei besonders bedrohlichen Krankheiten, z. B. Kartoffelkrebs, durch gesetzliche Bestimmungen (Verhängung von Sperrbezirken, Einfuhrverbot für Pflanzgut aus verseuchten Ländern) erzwungen wird. Die Individualauslese ist als „vegetative Staudenauslese" für den Kartoffelbau besonders wichtig, indem die Kartoffelfelder von Zeit zu Zeit auf alle Staudenkrankheiten (Schwarzbeinigkeit, Blattrollkrankheit, Kräuselkrankheit, Welkekrankheit) hin untersucht, alle kranken und verdächtigen Stauden entfernt (negative Staudenauslese) und ausschließlich die krankheitswiderstandsfähigen und ertragreichsten Stauden zum Weiteranbau verwandt werden (positive Staudenauslese).

Die Individualauslese findet ihren weiteren Ausbau in der Sortenauslese, bei welcher die bei den Kulturpflanzen auftretenden Mutationen auf dem Wege der einfachen vegetativen Vermehrung oder der Veredlungszüchtung oder der Immunitätszüchtung ausgenutzt werden.

[1]) Römer: Saatenanerkennung. Verlag der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Berlin 1924.

Erbechte Widerstandsfähigkeit einzelner Sorten finden wir gegen die verschiedensten Krankheitserreger, wie Blutlaus und Reblaus, Apfelblütenstecher und Apfelwickler, Peronospora und Mehltau, Rost- und Brandpilze, aber auch gegen anorganische Krankheitsursachen (Chlorose und Frostschäden). Unter Widerstandsfähigkeit ist oft keine vollkommene Immunität zu verstehen. Zwischen vollständiger Immunität und stärkster Anfälligkeit gibt es zahllose Übergänge, die zur Erleichterung der praktischen Durchführung der Züchtung für die verschiedenen Pflanzenkrankheiten in bestimmte Gruppen eingeteilt werden. So unterscheidet C. Börner für die Reblausanfälligkeit der Rebe:

1. Immune (unanfällige) Sorten: die der Laus keine Entwicklungsmöglichkeiten bieten, also weder Blatt- noch Wurzelgallen bilden.
2. Halbimmune Sorten: die nach vorübergehender, schwacher Besiedlung im Winter auf natürliche Weise, infolge Absterbens der Winterformen der Wurzelreblaus, wieder reblausfrei werden.
3. Resistente (reblausanfällige, aber widerstandsfähige) Sorten: die von Wurzelrebläusen dauernd besiedelt werden können, aber infolge ihrer starken Wüchsigkeit nicht oder nur wenig unter dem Schädling leiden.
4. Anfällige Sorten: die reblausschwach sind, an Blättern und Wurzeln vergallt werden und eingehen.

Erikson unterscheidet für die Rostanfälligkeit des Getreides je nach Zahl und Größe der auftretenden Rostpusteln absolut immune, sehr widerstandsfähige, widerstandsfähige, schwach widerstandsfähige und anfällige Sorten. Absolut in Befallprozenten ausgedrückt würde sich ergeben: stärkstes Auftreten = 100 Proz., Nichtauftreten = 0 Proz., dazwischen die Stufen 25, 50 und 75 Proz. Den Versuch einer genauen zahlenmäßigen Angabe des Grades eines Krankheitsbefalles machte O. Schlumberger[1]) an Kartoffelknollen, die von Kartoffelschorf (Actinomyces) befallen waren.

Die durch einfache vegetative Vermehrung durchgeführte Sortenauslese wird in großem Maße im Kartoffelbau benutzt, um durch gruppenweise Vermehrung eine Linientrennung erprobter Edelstämme zu erreichen und damit nicht einheitliche und unausgeglichene, alte Züchtungen in reine ertragsreiche Linien aufzuteilen.

Die Veredlungszüchtung wird bei den Gewächsen angewandt, bei denen die wertvollere Sorte als Edelreis auf eine minder wertvolle,

[1]) Schlumberger, O.: Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1927, Seite 200.

jedoch auch gewisse Vorzüge aufweisende Sorte aufgepfropft wird. Die Veredlungszüchtung spielt besonders im Obst- und Weinbau eine große Rolle; im Obstbau wird bei der Veredlung besonders auf blutlausimmune Edelreiser Wert gelegt, im Weinbau beherrscht die Reblausgefahr neben der Peronospora völlig die Frage der Herstellung immuner Pfropfreben. In den meisten Fällen der Veredlungszüchtung handelt es sich bei der Widerstandsfähigkeit um vererbbare Sorteneigentümlichkeiten, also um Mutationen, in einzelnen Fällen[1]) jedoch haben auch durch günstige Standortsverhältnisse bedingte Modifikationen für die Veredlungszüchtung Bedeutung, wenn sie durch lange Einwirkung so gefestigt sind, daß sie durch ungeschlechtliche Vermehrung wenig verändert werden.

Da die Veredlungszüchtung bei der Rebe am weitesten fortgeschritten ist, sei der Anbau reblausimmuner Pfropfreben als Beispiel der Veredlungszüchtung hier angeführt. Die hochwertigen europäischen Edelreben (Vitis vinifera) werden von der von Amerika um die Mitte des vorigen Jahrhunderts eingeschleppten Reblaus so stark geschädigt, daß ein weiterer Anbau bald unmöglich wird. Die verfallenen alten Weinberge an der Saale geben den besten Beweis für die dem deutschen Weinbau drohende Gefahr. Man hat zuerst versucht, jeden neu auftretenden Reblausherd mit den schärfsten chemischen Mitteln auszutilgen. Dieses Extinktivverfahren (vgl. S. 335), das die wichtigsten deutschen Weingebiete lange Jahre reblausfrei gehalten hatte, konnte jedoch auf die Dauer die Ausbreitung des Schädlings nicht verhindern, ein weiteres Bekämpfungsverfahren mit chemischen Mitteln, das sog. Kulturalverfahren (vgl. S. 337), vermochte nur den Schädling in gewissen Schranken zu halten. Es blieb als letzte Rettung die Pfropfung, indem die europäischen Edelreben (Vitis vinifera) auf reblauswiderstandsfähige Amerikanerreben (z. B. Vitis riparia und Vitis rupestris) aufgepfropft wurden. Nicht jede immune Sorte liefert mit jeder beliebigen Edelrebe eine brauchbare Pfropfrebe, und nicht jede an sich gelungene Pfropfrebe ist auf jedem Boden und unter allen klimatischen Verhältnissen brauchbar. So bestehen große Unterschiede hinsichtlich der Anbaumöglichkeit der einzelnen Pfropfunterlagen zwischen kalkreichen und kalkarmen Böden und zwischen leichten Sand- und schweren Tonböden. Auch unter den Amerikanerreben gibt es anfällige und widerstandsfähige Sorten; nur die immunen und halbimmunen Rebsorten sind als Unterlagen zu verwenden. Die resistenten Sorten sind von jeder Verwendung als Unterlagen auszuschließen, da sie den Reblausbestand im

[1]) Molz, E.: Über Züchtung widerstandsfähiger Rebsorten. Jahrbuch der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft 1918, Bd. 33. — Derselbe: Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Berlin 1917, Verlag von Paul Parey.

Boden erhalten und die Reblausverschleppung begünstigen. Zur guten Verwachsung der Pfropfstelle haben sich die reinen Amerikanerreben nicht als sehr geeignet erwiesen; es werden daher als Pfropfunterlagen am meisten Kreuzungen zwischen zwei immunen Amerikanerreben (Amerika-Amerikaner), weniger häufig Kreuzungen zwischen amerikanischen und europäischen Reben (Franko-Amerikaner, Italo-Amerikaner) benutzt. Nach den bisherigen Erfahrungen kann die Unterlage wohl Wachstum, Fruchtbarkeit und Traubenreife beeinflussen, jedoch hat sie keinen Einfluß auf die Reblauswiderstandsfähigkeit, für die allein das Edelreis ausschlaggebend zu sein scheint. Bei Pfropfreben, die wegen der starken Frostempfindlichkeit der Pfropfstelle recht tief am Boden veredelt sind, muß besonders darauf geachtet werden, daß das Edelreis keine Wurzeln ins Erdreich treibt, da diese Wurzeln die Reblaus im Boden erhalten.

Der Pfropfrebenanbau ist in fast allen Staaten gesetzlich geregelt. In Deutschland kann der Anbau von Pfropfreben von den einzelnen Länderregierungen im Einvernehmen mit dem Reichsernährungsministerium gestattet werden, jedoch nur die staatlichen Anstalten haben das Recht, geeignete Unterlagsreben herzustellen und zur Pfropfung abzugeben. Die Pfropfung selbst kann (beispielsweise in Baden) erwerbsmäßig bloß dann ausgeführt werden, wenn der Betreffende sich einer Prüfung unterzogen und sich verpflichtet hat, nur die staatlich genehmigten Unterlagsreben zu verwenden, bei jeder Abgabe Sortenechtheit des Edelreises und der Unterlage unaufgefordert zu garantieren und jederzeit eine Kontrolle seines Betriebes durch staatliche Beamte zu gestatten. Die Schweiz, die vor dem Kriege nur in bestimmten, von der Reblaus schon stark befallenen Gebieten den Anbau von Pfropfreben gestattet hatte, hat den Anbau jetzt ganz freigegeben; der schweizerische Staat hat jedoch nach Bundesgesetz allein das Recht, Unterlagsreben vom Ausland zu beziehen und zur Rebenveredlung an die Verbraucher abzugeben, außerdem überwacht er ständig durch seine Reblauskommissare die Rebschulen. Geldliche Unterstützungen werden den schweizerischen Weinbauern vom Staate nur dann gewährt, wenn die Rekonstruktion der Weinberge nach bestimmten Vorschriften durchgeführt wird. Zur Veredlung werden in der Westschweiz meist Saisonarbeiter verwandt, die nach Krömer[1]) bei zehnstündiger Arbeitszeit bis 2000 Pfropfungen täglich ausführen. Das Arbeitsergebnis ist zufriedenstellend, wenn von 100 Pfropfungen durchschnittlich 33 Veredlungen gelingen.

Die Befürchtungen, daß die Pfropfreben nur Weine geringerer Güte bringen würden, und daß sie weiterhin zu verborgenen Reblausherden

[1]) Krömer: Wein und Rebe, 7. Jahrg. 1925, S. 222.

oder zu Infektionsträgern würden und die Reblausverbreitung begünstigen könnten, hat sich nicht bewahrheitet. Im Gegenteil! Es hat sich gezeigt, daß sachgemäß gepflegte Pfropfreben einen der wurzelechten Edelrebe gleichwertigen Wein liefern, und daß Pfropfreben mit reblausimmunen Unterlagen von Reblaus frei bleiben. Nach den in Frankreich und anderen reblausverseuchten Ländern gemachten Erfahrungen verspricht der Pfropfrebenbau die von der Reblaus stark bedrohten deutschen Weingebiete zu retten und den Wiederaufbau der vom Schädling schon völlig zerstörten Gebiete zu ermöglichen. Die Vorzüge der Veredlungszüchtung liegen darin, daß sie rascher arbeitet als die Immunitätszüchtung und auch ganz zufriedenstellende widerstandsfähige und in Güte und Ernteertrag befriedigende Pflanzen liefert.

Auch im Kartoffelbau ist verschiedentlich der Versuch gemacht worden, ein Pfropfungsverfahren durchzuführen. Man verband Knollen verschiedener Sorten miteinander und glaubte dadurch neue Sorten zu erzielen, die die Eigenschaften beider Eltern zeigen. Die Methode, die sich durch Einfachheit und Schnelligkeit ausgezeichnet hätte, mußte infolge der Selbständigkeit und Unbeeinflußbarkeit der einzelnen Augen der Kartoffelknollen ohne Erfolg bleiben.

Die Immunitätszüchtung begnügt sich nicht damit, die in unseren Pflanzenbeständen auftretenden immunen Individuen und Sorten auszulesen und in vegetativer Vermehrung weiterzuzüchten; sie überläßt die Bildung krankheitswiderstandsfähiger Sorten nicht mehr der zufälligen natürlichen Entstehung, wie die Veredlungszüchtung, sondern sie benutzt die Tatsache, daß die Widerstandsfähigkeit in vielen Fällen als erbliche Sorteneigentümlichkeit auftritt, um auf Grund der Vererbungsgesetze die Eigenschaft der Widerstandsfähigkeit zu steigern und sie mit anderen wertvollen Eigenschaften durch Bastardierung zu verbinden. Die widerstandsfähigen Sorten sind meist die weniger ertragreichen, während die ertragreichsten Sorten (z. B. die Goldparmäne) oft am anfälligsten gegen einen Schädling (Blutlaus) sind. Das Ziel der Immunitätszüchtung geht also dahin, durch Kreuzung von zwei, die gewünschten Eigenschaften getrennt zeigenden Sorten in der auf die Bastardgeneration folgenden F_2-Generation Sorten zu bekommen, welche die gewünschten Eigenschaften in sich vereinigen.

Die Immunitätszüchtung oder Bastardierung führt zu wertvolleren Ergebnissen als die Veredlungszüchtung; sie ist jedoch viel langwieriger und schwieriger. Vor Beginn der eigentlichen Züchtungsarbeit ist die Feststellung notwendig, ob die an der betreffenden Sorte gefundene Widerstandsfähigkeit genotypisch, d. h. an Erbfaktoren gebunden (Mutationen), oder ob sie phänotypisch, d. h. durch örtliche Verhältnisse bedingt ist

(Modifikationen). Die Feststellung kann durch einen Anbau der Sorte unter verschiedenen Standortsverhältnissen erfolgen. Wie die Außenbedingungen Immunität vortäuschen können, zeigen z. B. Gerstensorten, die in trockenen Klimaten nicht offen blühen und daher nicht vom Flugbrandpilz befallen werden können, dort also scheinbar immun sind, während dieselben Sorten in Gegenden mit feuchtem Klima ihre Spelzen weit öffnen und die Infektion ermöglichen.

Soll nun eine ertragsreiche Sorte A und eine immune Sorte B, deren Eigenschaften erblich sind, miteinander gekreuzt werden, so kann die Züchtung selbst dadurch erschwert werden, daß einmal der Erbfaktor der Anfälligkeit der Sorte A dominiert, oder daß weiterhin die Widerstandsfähigkeit der Sorte B die Resultante von mehreren, zufällig miteinander verkoppelten, sonst aber unter sich unabhängigen Erbfaktoren ist, deren Kombination sehr labil ist und daher durch Bastardierung leicht gebrochen wird. Der Vererbungsmodus der einzelnen Gruppen von Erbfaktoren muß also genau geprüft werden.

Die Kreuzung wird in der Regel so durchgeführt, daß die durch Papiertüten, Gaze- oder Pergaminbeutel vor unerwünschter Fremdbestäubung geschützten Blüten der einen Sorte künstlich mit dem Pollen der anderen Sorte bestäubt werden. Zur Verhinderung der Selbstbestäubung werden die Blüten ihrer eigenen Staubbeutel beraubt. Oft sind, z. B. bei der Züchtung von Kartoffelsorten, bestimmte Kunstgriffe (Umschnüren der Blütenachse mit Faden oder Aluminiumdraht, Ringelung, Pfropfung auf Tomate) notwendig gewesen, um bei schwer fruchtenden Sorten Samen zu ziehen. Um ein Abtrocknen des Griffels zu vermeiden, werden die Staubbeutel erst kurz vor dem Auftragen des fremden Pollens entfernt. Der Pollen wird durch Aufschlitzen der Staubbeutel gewonnen und kann zuerst in kleinen Glasröhrchen gesammelt werden, aus denen er dann mittels Pinsel oder Feder reichlich auf die Narben aufgetragen wird.

Da unter den künstlich erzeugten Nachkommen nur ein sehr geringer Teil wirklich vollwertig ist und weitergezüchtet werden kann, sind zur Aufzucht große Mengen notwendig. Die Schwierigkeit der Veredlungszüchtung wird verständlich, wenn man bedenkt, daß z. B. zur Erlangung immuner und vollwertiger Getreidesorten mehrere Jahre hindurch von schwedischen Züchtern jährlich 8000 bis 12 000 Blüten mit der Hand bestäubt und getütet wurden, und daß man oft froh sein kann, durch diese jahrelange, mühevolle Arbeit vielleicht nur eine brauchbare Getreidesorte zu erlangen, welche die gewünschten Eigenschaften in sich vereinigt. Die Züchtung wird oft weiter erschwert durch Auftreten von zahlreichen biologischen Rassen des Parasiten; so sind von Puccinia graminis, dem Schwarzrost des Getreides, in Amerika 37 biologische Rassen festgestellt

worden, die alle zwar nicht gleichzeitig in den einzelnen Landstrichen auftreten, bei der Züchtung jedoch berücksichtigt werden müssen.

Die Züchtung immuner Sorten und die Prüfung dieser Sorten auf Widerstandsfähigkeit ist je nach der Kulturpflanze verschieden. Es ist versucht worden, das bisher übliche langwierige Prüfungsverfahren durch Anbau durch geeignete Laboratoriumsverfahren abzukürzen. So gelang es Spieckermann, für die Prüfung von Kartoffelsorten auf Krebsfestigkeit ein einfaches Verfahren auszuarbeiten. Die den Kartoffeln ausgeschnittenen Augen werden auf feuchten Sand gelegt und mit etwas Erde überdeckt, die zahlreiche Sporen des Krebserregers enthält. Schon nach einigen Wochen ist an der Triebinfektion festzustellen, ob die Sorte widerstandsfähig ist. Die Methode ist sehr gut, da sie schnell arbeitet, wenig Material benötigt und die früher notwendige jahrelange Vorprüfung im Feldanbau ersetzt[1]). Erst nach der Spieckermannschen Laboratoriumsprüfung erfolgt die feldmäßige Prüfung, die während der Zeit der Vermehrung der Kartoffel durchgeführt werden kann. Im Vergleich zu den einjährigen Pflanzen (Getreide, Kartoffel) ist die Immunitätszüchtung bei den mehrjährigen, erst nach einer Reihe von Jahren zur Blüte kommenden Gewächsen (Obst, Rebe) besonders langwierig. Bei der Rebe z. B. werden nach R. Seeliger[2]) die durch Kreuzung erlangten Sämlinge im ersten Jahr im Gewächshaus herangezogen, kommen dann ein bis zwei Jahre in dichter Pflanzung ins Freiland, wo sie auf ihr Verhalten gegen Reblaus und pilzliche Krankheiten geprüft und auf ihre Wüchsigkeit beobachtet werden. Die wertvollen Pflanzen kommen dann im dritten bzw. vierten Jahr in den Weinberg, und erst hier kann die Auslese auf Geschlecht, Fruchtbarkeit und Traubenreife erfolgen.

Die Pflanzen werden jedoch nicht von einer einzigen Krankheit befallen. Das höchste anzustrebende Ziel der Immunitätszüchtung ist es daher, eine Reihe von Erbfaktoren der Immunität mit Erbfaktoren der Ertragshöhe, Winterfestigkeit, Bewurzlung usw. zu vereinigen. Die Erbfaktoren der Widerstandsfähigkeit gelten meist nur für eine Krankheit. Da eine allseitig vollwertige Sorte schwerlich erreicht werden kann, wird man bei der Züchtung in erster Linie diejenigen Krankheiten berücksichtigen, die mit chemischen Mitteln oder sonstigen Maßnahmen nicht zu bekämpfen sind. Man wird z. B. bei Getreide besonders auf Rostimmunität, weniger auf Immunität gegen Brandpilze züchten. Oft wird sich auch die

---

[1]) Prüfungsvorschriften: Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst, 7. Jahrg., 1927, Nr. 8.

[2]) Seeliger, R.: Rebenzüchtung und Vererbungswissenschaft. Weinbau und Kellerwirtschaft, 4. Jahrg., 1925.

Immunität gegen eine Krankheit nicht glücklich mit den sonstigen Eigenschaften der Kulturpflanze vereinigen lassen; in solchen Fällen wird man sich mit einer geringeren Widerstandsfähigkeit begnügen, da trotz aller Bedeutung der Krankheiten für die Kulturpflanzen doch für den Anbau andere Eigenschaften, wie Ertragsfähigkeit, Winterfestigkeit, Reifezeit, gute Kornqualität, Backfähigkeit des Mehles, Lagerfestigkeit des Strohes usw. die wichtigsten sind. — Auch im Weinbau ist es gelungen, gegen Reblaus und Peronospora widerstandsfähige Bastardreben zu züchten; ihre Trauben waren aber klein und ihr Wein war von unangenehmen Geschmack und daher minderwertig, die erlangten Bastardreben trotz ihrer Immunität praktisch nicht brauchbar.

Die mit der Immunitätszüchtung erreichten Erfolge sind trotz der vielen Schwierigkeiten doch beachtenswert. Für den Getreidebau wurden besonders in Schweden durch Nilsson-Ehle winterfeste Getreidesorten, durch Kreuzung zwischen Sommerweizen und Squarehead-Weizen eine ertragreiche, gelbrostfreie Weizensorte und gegen Streifenkrankheit und Nematodenbefall widerstandsfähige Gerstensorten gezüchtet. Gegen Steinbrand ausreichend widerstandsfähige Weizensorten wurden in Amerika und von v. Tubeuf auch in Deutschland erhalten. Im Obst- und Gartenbau gelang es, winterfeste Obstsorten, mehltaufreie Kirschensorten, rostfreie Stachelbeersorten und gute, welkekrankheitsfreie Wassermelonen zu züchten. Bei der Züchtung der Reben und der Kartoffeln hat man in den ersten Jahren keine guten Ergebnisse gehabt, da die Züchter bei der F_1-Generation, also dem Bastard der ersten Kreuzung, stehenblieben, die Aufspaltung der Erbfaktoren in der F_2-Generation und die damit verbundenen Kombinationen gar nicht erkannten und so die Möglichkeiten der Immunitätszüchtung nicht voll ausnutzten. Im Weinbau haben jedoch schon die Bastarde in der F_1-Generation gute Unterlagen für den Pfropfrebenbau abgegeben. Für den Kartoffelbau wurden in langjährigen Versuchen vom Deutschen Pflanzenschutzdienst und von der Biologischen Reichsanstalt krebsfeste Kartoffelsorten herausgefunden, die jährlich in einer Liste [1]) neu zusammengestellt und dem Praktiker zum Anbau empfohlen werden. Die durch Anbau krebsfester Kartoffelsorten auf verseuchten Böden dem deutschen Volke jährlich erhaltene Kartoffelmenge wird auf 15 Millionen Zentner geschätzt. Auch der einst so gefürchteten Kartoffelkrautfäule ist man bei vielen neuen Züchtungen schon vollständig Herr geworden. Durch ausschließlichen Anbau immuner Sorten wird den stark spezialisierten Schädlingen jede Lebensmöglichkeit genommen. Die dadurch erreichte Beseitigung der Schädlinge ist vor allem für den

[1]) Merkblatt Nr. 1 des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Bezug durch die Biologische Reichsanstalt, Berlin-Dahlem).

Handel und die Ausfuhr von großer Bedeutung, da bei besonders gefährlichen Schädlingen, z. B. Kartoffelkrebs, von fast allen Staaten die Einfuhr davon abhängig gemacht wird, ob das Einfuhrgut gesund ist und aus Gegenden stammt, die von den betreffenden Schädlingen frei sind. Eine auf die Ausfuhr angewiesene, aber verseuchte Gegend kann also nach Unterdrückung der Seuche durch ausschließlichen Anbau immuner Sorten wieder ihre Erzeugnisse ausführen.

Der in besonders dringenden Fällen großer Seuchengefahr gesetzlich erzwungene Anbau immuner Sorten hat Meinungsverschiedenheiten darüber aufkommen lassen, ob sich der Schädling nicht doch auch an die neuen immunen Sorten anpassen und diese befallen könnte, daß man also z. B. durch den ausschließlichen Anbau krebsimmuner Kartoffelsorten keine Entseuchung des krebsverseuchten Bodens erzielt, die Gefahr einer Verschleppung der Krankheiten vielmehr dadurch direkt begünstigt. Die Bedenken stützen sich auf die Annahme, daß außer den genetisch fixierten, unveränderlichen Eigenschaften auch die durch die Umweltbedingungen bewirkten, erblich übertragbaren Rasseeigenheiten berücksichtigt werden müßten. Genau so, wie die Entstehung der großen menschlichen Rassengruppen auf Einflüsse der Umwelt zurückgeführt werden, sind auch für die Ausbildung der Tier- und Pflanzenarten die Faktoren der Umwelt verantwortlich zu machen. Wenn auch ursprünglich wohl alle Parasiten fakultativ waren und später erst durch starke Anpassung und Differenzierung nicht nur zu obligaten, sondern sogar zu stark spezialisierten Parasiten wurden, so kann man doch mit wenigen Ausnahmen (z. B. Nematoden) die Spezialisierung der Schädlinge als erbecht und konstant ansehen, wenigstens für Zeiträume, wie sie für die Praxis in Frage kommen. Eine Anpassung der Schädlinge an wirklich immune Sorten in einer für den Pflanzenbau in Betracht kommenden Zeit ist nicht anzunehmen, da eine solche Anpassung und Vererbung dieser neuerworbenen Eigenschaften im Sinne der Darwinschen Lehre ganz andere Zeiträume erfordert. Scheinbar erfolgte Neuanpassungen lassen immer auf eine unvollkommene Immunität der Sorte schließen. Jedenfalls sind Beispiele extremer Konstanz der Immunität viel zu häufig, als daß die Zuverlässigkeit der praktischen Anwendung der Immunitätszüchtung zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten irgendwie in Zweifel gestellt werden könnte.

Ist eine wirkliche Immunität einer Pflanze gegen einen Schädling nicht möglich, so muß sich die Züchtung oft damit begnügen, daß einige Sorten gewisse Eigenschaften besitzen, durch welche der Schädlingsbefall verhindert oder stark eingeschränkt wird. Zu solchen Eigenschaften gehören ein großes Regenerationsvermögen, die Schnellwüchsigkeit in den ersten Jugendstadien (z. B. des Getreides gegen Fritfliegenbefall), für den

Schädling ungünstige Auflauf- und Blütezeiten (z. B. schnellblühende Sorten gegen Apfelblütenstecher und Erbsenwickler).

Über einen sehr eigenartigen Fall, bei dem außer der großen Regenerationsfähigkeit der Pflanze vom Praktiker ein starker Schädlingsbefall gewünscht wird, berichtet Bücher[1]) von der in Anatolien angebauten Sorghum-Hirse. Wird die Hirse von Heuschrecken kahlgefressen, so bildet sie infolge ihrer hohen Regenerationsfähigkeit viel mehr Wurzeln, Blätter und Halme als die nichtbefressenen Pflanzen. Die anatolischen Bauern behaupten, daß ein von Heuschrecken kahlgefressenes Hirsefeld daher viel mehr Ertrag liefere als ein nicht befallenes Feld. Bei der Züchtung dieser Hirsesorten wäre also unter Berücksichtigung des Schädlings auf ein hohes Regenerationsvermögen der Sorten Wert zu legen.

B. Biologische Bekämpfung

Pflanzenwelt und Tierwelt eines jeden Standortes bilden eine Lebensgemeinschaft oder Biozönose. Die Biozönose ist nach C. Börner[2]) „der Ausdruck eines im immerwährenden Daseinskampfe gefestigten gegenseitigen Angepaßtseins an den Lebensraum, der so lange nur eine bestimmte Anzahl von Lebewesen beherbergen und ernähren kann, als er in seiner Zusammensetzung unverändert bleibt. Jede Störung in diesem Verhältnis hat mehr oder weniger tiefgreifende Änderungen in der ihm eigentümlichen Biozönose im Gefolge". Störungen des natürlichen Gleichgewichtszustandes können durch klimatische Einflüsse und ihre Folgen, durch Einschleppung oder Einwanderung fremder Tiere oder Pflanzen und besonders durch das Eingreifen des Menschen (Bevölkerungszunahme, Urbarmachung, Anbau bestimmter Kulturpflanzen in größeren und reinen Beständen) erfolgen. Alle diese Störungen ziehen oft weitere Gleichgewichtsänderungen verschiedener Art nach sich, von denen besonders die Massenvermehrungen einzelner Pflanzenschädlinge für den Menschen die nachteiligsten Folgen haben können. Die Massenvermehrung kann bei Stetigkeit der neuen Verhältnisse (Urbarmachung, Einschleppung) eine dauernde langsame Zunahme der betreffenden Schädlinge bedeuten; meist jedoch tritt sie bei wechselnden Lebensbedingungen (Klima, Witterung) als Schädlingskalamität in Erscheinung, die je nach der Art der Schädlinge von kürzerer (Blatt- und Blutlausplagen) oder längerer, oft mehrjähriger Dauer (Raupenkalamitäten) ist. Die Schädlingskalamitäten steigen in der Regel langsam an, erreichen einen bestimmten Höhepunkt und

[1]) Bücher, H.: Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Zeitschrift für angewandte Entomologie, Beiheft 3. Berlin 1918.

[2]) Börner, C.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt 1921, Bd. 10, S. 407.

fallen dann mehr oder weniger schnell ab, um endlich einem neuen Gleichgewichtszustand wieder Platz zu machen. Es ist noch nicht allzulange her, daß man sich weder über die Ursache der Massenvermehrung noch über die Gründe des Erlöschens von Schädlingsplagen viel Gedanken machte. Heute weiß man, daß es in erster Linie Krankheitserreger und Feinde der Schädlinge sind, die der für sie günstigen Massenvermehrung der Schädlinge ebenfalls mit einer Massenvermehrung folgen, bald den Vorsprung der Schädlinge einholen und durch Vernichtung der Schädlinge deren Zahl auf ein durch die Standortsverhältnisse gegebenes Normalmaß zurückführen. Es tritt durch diese Feinde also eine Selbstregulation der Natur ein, wodurch in der Lebensgemeinschaft ein den neuen Verhältnissen angepaßter Gleichgewichtszustand wieder erreicht wird.

Es lag nahe, daß der Mensch sich diese Selbstregulierung der Natur nutzbar zu machen suchte, indem er durch Begünstigung der Parasiten die Regulierung zu beschleunigen oder sogar Schädlingskalamitäten gänzlich unmöglich zu machen trachtete. Die in dieser Richtung durchgeführten Bekämpfungsmaßnahmen werden als „Schmarotzerschutz", als „indirekte Bekämpfung" oder mit dem weniger guten, jedoch allgemein gebräuchlich gewordenen Ausdruck „biologische Bekämpfung" bezeichnet.

Keine Bekämpfungsmethode des Pflanzenschutzes ist so heiß umstritten worden wie das biologische Bekämpfungsverfahren. Das Gesetz der Abhängigkeit der Vermehrungsziffer eines Tieres von der Vermehrungsziffer seiner Nahrung zwingt auch die Feinde unserer Schädlinge in ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis zu ihren Beute- und Wirtstieren. Die Massenvermehrung der Feinde ist aber eine Sekundärerscheinung, die erst durch die schon vorhandene Schädlingsvermehrung ausgelöst wird. Infolgedessen ist ein dauerndes Übergewicht der nützlichen Tiere in der Natur unmöglich. Trotz dieser Tatsache, die von den Gegnern der biologischen Bekämpfung immer wieder angeführt wird, hat doch die biologische Bekämpfungsmethode manche glänzende Erfolge gebracht.

Die biologische Bekämpfungsmethode erstreckt sich fast ausschließlich auf die Bekämpfung tierischer Pflanzenschädlinge. Die Bekämpfung pilzlicher Schädlinge durch andere Pilze oder durch Insekten ist wenig aussichtsreich, obwohl bekannt ist, daß auch einige Pilze natürliche Feinde sowohl unter den pilzfressenden Insekten als auch unter anderen Pilzen haben. So werden Mehltaupilze von bestimmten Käferarten befressen und häufig von einem Fungus imperfectus der Gattung Cicinnobolus angegriffen, der das Myzel und die Sporen befällt und ihre Entwicklung hemmt. Praktische Bedeutung für die Bekämpfung pflanzlicher Schädlinge hat die biologische Bekämpfung nur in einigen wenigen

Fällen gefunden; so wurde z. B. zur Unkrautbekämpfung in Australien eine Schildlaus und in Neukaledonien eine Fliege neu eingeführt[1]).

Die gegen tierische Schädlinge angewandte biologische Bekämpfung richtet sich in erster Linie gegen die schädlichen Insekten, da diese durch ihren Formenreichtum den Hauptanteil der tierischen Pflanzenschädlinge darstellen; eine gewisse Bedeutung hat die biologische Bekämpfungsmethode außerdem noch für die Nagetierbekämpfung gefunden. In allen Fällen sucht man die dem Pflanzenreich (Bakterien, Pilze) und dem Tierreich (Würmer, Insekten, Vögel, höhere Tiere) angehörigen natürlichen Feinde der Pflanzenschädlinge zu Bekämpfungszwecken auszunutzen.

Von den Bakterien ist die Paratyphus-Gruppe für die Nagetierbekämpfung wichtig geworden. Löffler, ein Schüler Robert Kochs, hatte aus Mäusen, die unter seuchenhaften Erkrankungen eingegangen waren, einen Bazillus isoliert, den er Bacillus typhi murium nannte, und der ausgesprochene Pathogenität gegen Haus- und Feldmäuse zeigte. Zuerst wurde durch Aussetzen künstlich erkrankter Tiere, später durch Auslegen von Ködern, die mit Bakterienkulturen getränkt waren, versucht, Typhusepidemien unter den Mäusen im Freiland zu verbreiten. Die ersten großen Versuche, die Löffler selbst leitete, und die im Jahre 1892 in Thessalien gegen Feldmäuse durchgeführt wurden, brachten einen vollen Erfolg. Auch gegen Wühlmäuse, Ratten, Hamster, Kaninchen und Präriehunde wurde von verschiedenen Forschern (Danysz, Bahr, Schern) nach spezifischen, pathogenen Bakterien gesucht und diese zum Teil auch gefunden.

Die Herstellung zuverlässiger Kulturen des Mäusetyphusbazillus ist in Deutschland durch die bakteriologischen Laboratorien der Landwirtschaftskammern und durch die Landesanstalten für Pflanzenschutz in München und Hohenheim gesichert. Die Kulturen werden auf festen Nährböden oder in Nährflüssigkeiten herangezogen. Zur Steigerung der Pathogenität hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Stammkulturen, die meist auf Hefewasser-Peptonagar oder in Hefewasser gehalten werden, aus einem aus Mäusefäzes hergestellten, also möglichst natürlichen Nährboden heranzuziehen und die Bakterien zur Überimpfung auf die Mäuse von diesen Stammkulturen auf Hefewasser-Glyzerinagar oder in 2proz. Hefewasser zu übertragen. Von den Agarböden werden die Bakterien mit lauwarmem Wasser abgeschwemmt, die so erhaltenen Bakterienaufschwemmungen oder die bakterienhaltigen Nährlösungen werden verdünnt und zum Tränken der Köder (Brotstückchen, Kartoffelbrei, Hafer) benutzt. Die Brotstückchen werden einzeln, die bakterienhaltigen Haferkörner zu je

[1]) Vgl. Morstatt, H.: Anzeiger für Schädlingskunde. 3. Jahrg., 1927, S. 46.

fünf, der bakterienhaltige Kartoffelbrei mit Hilfe von 15 cm langen Strohhalmen (s. S. 386) in die Mauselöcher ausgelegt. Die günstigste Zeit ist das zeitige Frühjahr, da die Mäuse zu dieser Zeit am anfälligsten sind und die Köder infolge allgemeiner Nahrungsknappheit auch gern genommen werden.

Dem Bakterienverfahren haften eine Reihe Nachteile an. Zuerst geben nur einwandfreie Kulturen sichere Ergebnisse. Eine von H. Wreschner[1]) durchgeführte Prüfung der verschiedensten bakteriellen Mäusevertilgungsmittel ergab die Wertlosigkeit der meisten Präparate: von 52 Proben enthielten nur 10 Proben Bakterien aus der Paratyphus-Gärtner-Gruppe, von denen nur wieder 4 Proben Reinkulturen waren; von den 52 Proben waren also 48 unrein und 42 völlig wertlos. Weiter haben die Kulturen nur eine geringe, auch bei Aufbewahrung im Dunkeln und Kühlen kaum 14tägige Haltbarkeit. Sodann sind die einzelnen Bakterienarten bloß für bestimmte Nagetiere pathogen. Die Löffler schen Mäusetyphusbakterien wirken zuverlässig nur gegen Haus- und Feldmäuse, unzuverlässig gegen Wühlmäuse, gar nicht gegen Brand- und Waldmäuse. Gegen Ratten haben sich Ratinkulturen (nach Wreschner Bacillus enteritis Gärtner) des Ratin-Laboratoriums, Berlin W 35, gut bewährt. In vielen Fällen versagen die Bakterienpräparate, einmal, weil bei Aufnahme nicht ausreichender Bakterienköder sehr widerstandsfähige Tiere nicht eingehen, sondern nur erkranken und durch die Krankheit eine gewisse Immunität erlangen. Dann aber, weil die Nagetiere, insbesondere die Ratten, schon in der freien Natur Gelegenheit haben, mit den in der Außenwelt weit verbreiteten Paratyphusbazillen in Berührung zu kommen und durch leichte Erkrankung eine Immunität zu erwerben. So wurde gefunden, daß wilde, in den Hamburger Kanalisationsröhren gefangene Ratten durch Paratyphusbakterien erkrankt oder schon immun waren. Zur radikalen Bekämpfung wird daher empfohlen, das Bakterienverfahren mit einem Giftköderverfahren derart zu kombinieren, daß abwechselnd die einzelnen Mauselöcher mit Bakterienködern und mit Giftködern belegt werden (vgl. S. 382). — Die Zugehörigkeit der zur Nagetierbekämpfung benutzten Bakterienarten zur Paratyphusgruppe erfordert mit Rücksicht auf die Gesundheit des Menschen und der Haustiere bei der Anwendung der Kulturen die größte Vorsicht, zumal da schon eine große Zahl von Erkrankungen und auch bereits mehrere Todesfälle bei Menschen bekannt sind. Die angebliche Ungefährlichkeit guter Nagetierbakterienkulturen für die menschliche Gesundheit ist also nicht sicher erwiesen und oft sehr fraglich. Für die Verwendung der Präparate bestehen gewisse gesetzliche Vorschriften (z. B. ein Verbot der Anwendung in Küchen und Speisekammern); eine Verwendung der Bakterienkulturen an allgemeinen Ratten-

[1]) Wreschner, H.: Zeitschrift für Hygiene u. Infektionskrankheiten 1921, Bd. 93.

bekämpfungstagen (siehe S. 387) dürfte wegen der dem Verfahren anhängenden Nachteile nicht in Frage kommen.

Eine andere, für Pflanzenschädlinge pathogene Bakterienart wurde von d'Hérelle im Coccobacillus acridiorum gefunden, der vielfach gegen Wanderheuschrecken angewendet wurde, in Brasilien, Argentinien und Dalmatien gute Erfolge gezeigt haben soll, in Südafrika jedoch als durchgreifendes Bekämpfungsmittel versagte. Andere pathogene Spaltpilze wurden aus verschiedenen Raupenarten isoliert; es zeigte sich aber, daß sie nur krankheitserregend wirkten, wenn sie durch Wunden ins Körperinnere gelangten, bei Aufnahme in den Magen jedoch den Gesundheitszustand des Schädlings nicht beeinflußten. Bei den Engerlingen der Gattung Lachnosterna, einem amerikanischen Verwandten unseres Maikäfers, wurde Micrococcus nigrofaciens als Krankheitserreger entdeckt, der durch den Kannibalismus — die Engerlinge beißen sich gegenseitig an und bringen sich auch leicht Wunden bei — von Tier zu Tier übertragen wird; trotzdem aber hat diese Bakterienart keine Verwendung zur künstlichen Infektion und zur Bekämpfung der Käferlarven gefunden.

Blattläuse, Schildläuse, Raupen, Heuschrecken und andere Pflanzenschädlinge werden auch von Pilzen befallen, die den Mukorineen, Entomophthoreen und Hyphomyzeten (Botrytis- und Isariapilze) angehören, ihre Entwicklung in den Schädlingen durchlaufen und dabei ihre Wirtstiere abtöten. Sie können unter günstigen Bedingungen unter den Pflanzenschädlingen einen großen Schaden anrichten. Die Pilzerkrankungen wurden zuerst in Florida, das wegen seines feucht-warmen Klimas besonders günstige Verhältnisse zeigt, beobachtet und praktisch ausgewertet. Zitrusobst (Apfelsinen, Mandarinen usw.), das nach Uphof[1]) 80 Jahre lang durch die Schildlaus Lepidosaphes Gloveri sehr stark gelitten hatte, wurde plötzlich von der Plage befreit, da die Schildlaus von Ophionectria coccicola befallen und stark gemindert und seitdem durch den Pilz völlig in Schach gehalten wurde. Auch bei anderen Schädlingen des Zitrusobstes wurden pilzliche Erkrankungen festgestellt, deren Erreger man in Florida vielfach in künstliche Zucht genommen hat und im Bedarfsfalle als geeignete frische Kulturen gegen geringes Entgelt an die Praktiker abgibt. Die Pilzsporen werden in Wasser aufgeschwemmt, durch ein grobes Sieb gegossen und mit Hilfe von kupferfreien Spritzapparaten versprüht. Die schädlingsmindernde Wirkung der Pilze war zu erkennen, wenn man befallene Zitrusbäume mit Kupferkalkbrühe spritzte, die die Pilze abtötete und infolgedessen eine starke Zunahme der Schildläuse be-

[1]) Uphof: Der Tropenpflanzer, 26. Jahrg. 1923, S. 4, und Zeitschrift für angewandte Entomologie 1923, Bd. 9, H. 2.

wirkte. Die in Florida unter besonders günstigen Verhältnissen erzielten Erfolge gaben Veranlassung, auch in anderen Ländern die dort beobachteten Pilzerkrankungen der Pflanzenschädlinge zu Bekämpfungszwecken zu verwenden. In Europa und speziell auch in Deutschland ist immer wieder beobachtet worden, daß in besonders regenreichen Sommern Schädlingskalamitäten (Erdraupen, Ringelspinner, Forleule usw.) durch die Entomophthoraseuche und durch die Isariakrankheit in kurzer Zeit völlig zusammenbrachen. Für Ceylon stelte Petch[1]) eine vorläufige Liste von 130 Pilzarten auf, die Insekten befallen, und er erkennt die Bedeutung der Pilze für die natürliche Niederhaltung der Insektenplagen voll und ganz an. Trotzdem aber ist es weder in Europa, noch in Südafrika, noch Petch auf Ceylon gelungen, eine künstliche Steigerung der Krankheitsepidemie durch Verstäuben der Pilze zu erreichen. Für die sichere Anwendung der Pilze sind die wissenschaftlichen Grundlagen noch zu wenig geklärt; man weiß noch nichts Sicheres über die verschiedene Empfänglichkeit der Insekten in den einzelnen Entwicklungsstadien, über die besten Außenbedingungen für die jeweilige Krankheit, über die Bedingungen, von denen die Virulenz des Pilzes abhängt, über den Weg, auf dem der Pilz das Insekt befällt, und über den Zeitpunkt des Zusammentreffens der größten Aktivität des Pilzes und der größten Empfänglichkeit des Insektes. Nach den bisherigen Versuchen scheinen die allgemeinen Verhältnisse einer solchen künstlichen Pilzinfektion in den seltensten Fällen günstig zu sein; ist eine Verwendung der Pilze bei anhaltender feuchter Witterung möglich, so sorgt die Natur schon von sich aus durch Selbstregulation für Niederhaltung der Schädlinge und Beseitigung der Massenvermehrungen. Es ist anzunehmen, daß die Anwendung pathogener Pilze in Ländern mit insularer Lage möglich ist, und daß sie auch im kleinen in Gewächshäusern praktisch durchgeführt werden kann. Die Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß es unter günstigen Bedingungen nur gelingt, eine schon vorhandene Seuche zu steigern, nicht aber eine Seuche künstlich hervorzurufen.

Als Beispiel der künstlichen Begünstigung einer Pilzerkrankung sei das in manchen deutschen Weinbaugegenden im Winter vorgenommene Behäufeln der Rebschenkel mit Erde angeführt, durch das ein „Verpilzen" der dort befindlichen Wicklerpuppen erreicht werden soll. Das Verfahren ist nur da möglich, wo niedrige Erziehungsart und das Holz der Rebstöcke ein teilweises Einschlagen der Reben gestattet. — Auch die mit der Waldstreu im Winter zusammengeharkten Puppen des Kiefernspanners und der Forleule sollen durch die in den Streuhaufen entstehenden Wärme- und

[1]) Petch: Ceylon Dept. of Agriculture, Bull. 71, 1925.

Feuchtigkeitsbedingungen leichter dem Pilzbefall ausgesetzt werden. Auf Samoa wurde der dort eingeschleppte und den Kokospalmen sehr schädlich werdende Nashornkäfer durch Infizierung der angelegten Fanghaufen mit dem für den Käfer pathogenen Pilz Metarrhicium anisopliae bekämpft.

Von den tierischen Feinden unserer Pflanzenschädlinge haben gewisse Protozoen eine Bedeutung. Hier hat nur die bei zahlreichen Schmetterlingsraupen (Nonne, Schwammspinner, Ringelspinner, Goldafter) sehr häufige Polyederkrankheit Veranlassung gegeben, durch Verspritzen von Infektionsmaterial auf die Raupen und ihre Nährpflanzen die Polyederkrankheit hervorzurufen oder sie zu beschleunigen. Die Versuche sind bisher ohne jeden praktischen Erfolg geblieben. Es ist anzunehmen, daß zum Ausbruch der Krankheit außer der Anwesenheit des Erregers auch noch eine bestimmte Disposition der Raupen notwendig ist; so wurde bei Nonnenraupen beobachtet, daß besonders die nach Kahlfraß durch Nahrungsmangel bewirkte Unterernährung der Raupen die Polyederkrankheit stark begünstigt. Wird bei einer Insektenkalamität das stärkere Auftreten der Polyederkrankheit beobachtet, so ist nichts Besseres zu tun, als die eingetretene Selbstregulation der Natur, die bei großen Schädlingskalamitäten immer noch die durchgreifendste und beste „Bekämpfung" ist, nicht durch chemische Bekämpfungsmittel oder durch mechanische Vernichtung und Beseitigung der erkrankten Raupen zu stören.

Eine ebenso fragliche Bedeutung für die biologische Bekämpfung haben die in Borkenkäfern, Schmetterlingsraupen, Heuschrecken und anderen Insekten parasitierenden Würmer. F. S. Bodenheimer[1]) faßte sein Urteil über den Wert der in Insekten parasitierenden Würmer für eine biologische Bekämpfung von Schadinsekten dahin zusammen, „daß, obwohl gelegentlich sicher eine parasitäre Kastration oder eine Umgestaltung der Körperform, ja sogar ein vorzeitiges Sterben der Insekten durch diese Würmer eintritt, keine großen Hoffnungen auf diese Methode gesetzt werden dürfen. Speziell bei den großen Bekämpfungsproblemen, wie den Heuschreckenplagen, bei denen immer wieder Mermitiden auftauchen, lassen sie uns völlig im Stich. In den übrigen Fällen ist die künstliche Infektion zu schwierig oder der parasitäre Effekt auf den Organismus des Insektenwirtes zu gering oder die epidemiologischen Ausbreitungsbedingungen sind in der Praxis zu ungünstig."

Anders liegen die Verhältnisse bei den Insekten, die selbst in oder von anderen Insekten leben. Von den ektoparasitisch lebenden Insekten sind die gefräßigen Lauf- und Raubkäfer, die Raubwespen und die Blatt-

[1]) Bodenheimer, F. S.: Centralblatt für Bakteriologie, 1923, 2. Abt., Bd. 58, S. 220.

laus vertilgenden Larven der Florfliege (Chrysopa), der Schwebefliegen (Syrphiden) und der Marienkäferchen (Coccinelliden) zu nennen. Die Zahl der Schmarotzer richtet sich ganz nach der Stärke des Auftretens der Wirtstiere; so konnten bei der Forleulenkalamität in den märkischen Waldungen die Larve des sonst selten auftretenden Puppenräubers (Calosoma sycophanta) in einer Stunde zu vielen Hunderten gefunden werden. Von den endoparasitisch lebenden Insekten sind die sehr formenreichen Schlupfwespen [1]) (Ichneumoniden, Braconiden, Chalcididen) und die Raupenfliegen [2]) (Tachinen) wichtig, die ihre Eier an oder mit Hilfe eines Legestachels in die Wirtstiere ablegen, und deren Larven das Innere der Wirtstiere allmählich aufzehren. Der Schlupfwesen- oder der Tachinenbefall führt in den seltensten Fällen zum schnellen Absterben der Wirtstiere; wir finden im Gegenteil bei den endoparasitischen Insekten einen hochentwickelten Parasitismus, indem die Schmarotzer unter Schonung der lebenswichtigen Organe (Nervensystem, Verdauungsorgane) die Wirtstiere möglichst lange ausnutzen, um sie bis zur Verpuppung als Wohn- und Nährstätte benutzen zu können. Trotz dieser Schonung endet doch der Schlupfwespen- und Tachinenbefall fast immer mit der Vernichtung des Wirtstieres. Dem Parasitenbefall sind in erster Linie Eier und Larven, selten die Imagines ausgesetzt. Bei Schädlingskalamitäten kann der Schmarotzerbefall 80 Proz., selbst fast 100 Proz. betragen und damit die Schädlingskalamität zum Erliegen bringen. So wurde die in den Jahren 1922 und 1923 in vielen Teilen Deutschlands herrschende Kohlweißlingsplage durch Apanteles glomeratus völlig beseitigt. Häufig bedient sich die Natur zu ihrer Selbstregulation mehrerer Mittel; so fand Stellwaag 1921 bei Untersuchungen am Baumweißling, daß von 301 Raupen 250 durch Polyeder eingingen, daß außerdem aber noch aus den 301 Raupen 216 Apanteles glomeratus gezogen werden konnten, und daß alle Raupen nur 22 Baumweißlingsfalter lieferten.

Die Verwendung nützlicher Insekten zur Bekämpfung von Schadinsekten ist das Hauptarbeitsgebiet der biologischen Bekämpfung, sie ist direkt „biologische Bekämpfung im engeren Sinne". Das Land der ersten erfolgreichen Bekämpfung ist Amerika [3]). Eine Reihe von Schädlingen, die aus anderen Erdteilen dorthin eingeschleppt waren, zeigten bald einen sol-

---

[1]) Stellwaag, F.: Monographie zur angew. Entomologie Nr. 6, Berlin 1921.

[2]) Baer, W.: Zeitschrift für angewandte Entomologie, Bd. 6, S. 185; Bd. 7, S. 97, 249.

[3]) Escherich, K.: Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913. — Uphof, J. C. Th.: Zeitschrift für angewandte Entomologie, 1923, Bd. 9. — Smith, H. S.: Journal of economic Entomology, Vol. 16, 1923; Vol. 18, 1925.

chen Schädigungsgrad, wie man ihn in ihrer alten Heimat nie beobachtet hatte. Nach vielen, oft recht mühevollen Untersuchungen gelang es fast immer, als Grund der abnormen Schädigung das Fehlen der natürlichen Feinde festzustellen, durch deren Einführung die Schädlinge bald wieder auf ein geringes Maß zurückgedrängt und in Schach gehalten werden konnten. Die Vorbedingungen für den Erfolg der biologischen Bekämpfungsmethode waren also in Amerika die denkbar günstigsten. Trotzdem liegen aber aus der Fülle der angestellten Versuche nur einige wenige gute Erfolge vor, die allerdings in ihrer Wirkung glänzend genug sind, als Schulbeispiele der biologischen Bekämpfung angesehen zu werden. Als erster führte Koebele 1889 zur Bekämpfung der von Australien nach Kalifornien eingeschleppten Schildlaus Icerya purchasi, die in den Zitruskulturen sehr schädlich wurde, die Marienkäferart Novius cardinalis von Australien ein. Die 100 in Zinkkästen und im Eisschrank übergeführten und in Kalifornien ausgesetzten Käfer hatten sich nach einem Jahr auf 10 000 Individuen vermehrt und hatten nach $1^1/_2$ Jahren die Schildläuse bis auf eine kleine Zahl zum Verschwinden gebracht. Novius cardinalis wurde später zur Vernichtung der Icerya auch nach Italien, Dalmatien, Nordafrika und nach dem Kapland eingeführt und brachte auch dort vollen Erfolg. Weiterhin wurden im Jahre 1893 die Coccinelliden Rhizobius ventralis und Cryptolaemus montrouzieri zur Bekämpfung von Schildläusen des Olivenbaumes in Kalifornien mit Erfolg ausgesetzt. Die guten Ergebnisse ließen anfangs eine große Überschätzung der biologischen Bekämpfung bei den amerikanischen Farmern und Entomologen aufkommen, die bald alles mit der biologischen Bekämpfung zu erreichen suchten. Als aber ähnliche günstige Resultate bei andern Schädlingen nicht erreicht wurden und als die vielen Fehlergebnisse kamen, flaute die Begeisterung ab. Erst 1918 gelang es wieder, durch die Einführung von Aphycus lounsburgi Howard gegen einige schädigende Schildlausarten der kalifornischen Zitruskulturen die Begeisterung in Amerika erneut zu entfachen. Inzwischen aber hatte die biologische Bekämpfungsmethode in anderen Ländern gute Erfolge gezeitigt. So war nach Havaii[1]) 1898 Perkinsiella saccharicida als Schädling des Zuckerrohrs eingeschleppt, der in kurzer Zeit die Zuckerrohrernte um 3 Millionen Dollar jährlich schädigte; nach Einführung von gewissen Schmarotzern ist die Plage seit 1915 völlig behoben und der Schädling auf ein kleines Ausmaß zurückgedrängt. Gegen die Maulbeerschildlaus Diaspis pentagoma wurde von Amerika nach Italien die Zehrwespe Prospaltella Berlesei eingeführt, die auch später in Dalmatien und Südtirol vorzügliche Dienste leistete. Weitere Versuche der Anwendung der biologischen Be-

[1]) Vgl. Morstatt, H.: Anzeiger für Schädlingskunde, 3. Jahrg., 1927, S. 46.

kämpfung finden wir heute in allen Ländern, doch ist die Zahl der wirklich erzielten Erfolge im Vergleich zu den vielen Fehlschlägen gering.

Bei all den oben erwähnten Versuchen handelt es sich immer um die Bekämpfung eines eingeschleppten und unter den neuen Verhältnissen außerordentlich schädlich werdenden Schädlings durch nachträgliche Einführung seiner natürlichen Feinde. Die Möglichkeit und der Erfolg einer solchen Einführung hängen davon ab, ob für die vorhandenen oder eingeschleppten Schädlinge überhaupt Feinde bestehen (für den Koloradokäfer sind z. B. keine zur biologischen Bekämpfung geeigneten Feinde bekannt), ob diese Feinde bei der Einführung günstige klimatische Bedingungen zur Vermehrung finden, ob die Feinde auch unter den neuen Bedingungen genau mit der Entwicklung des Schädlings übereinstimmen und als „Feinde" im neuen Lande noch in Betracht kommen und ob die möglichst monophagen Feinde eine schnellere Vermehrung und Ausbreitung zeigen als die Schädlinge. Oft sind die Verhältnisse in der neuen Heimat nicht sehr günstig, so daß das Wirtstier einige Generationen im Jahre ausfallen läßt und dadurch dem Schmarotzer, der auf diese Generationen angewiesen ist, keine dauernden Lebensmöglichkeiten bietet. Je weniger Generationen ein Schädling im Jahre hat, um so geringere Möglichkeiten bietet er zur erfolgreichen Durchführung der biologischen Bekämpfungsmethode. Die Kunst der biologischen Bekämpfung ist es, Feinde zu finden, die genau mit der Entwicklung der Schädlinge übereinstimmen, und Räuber zu finden, die alle Stadien des Schädlings fressen. Dazu gehört aber, daß man beide, Schädlinge und Feinde, genau kennt. — Ein Beispiel dafür, daß die Schmarotzer nach anfangs erfolgreicher Einführung doch bald nicht mehr als „Feinde" der zu bekämpfenden Schädlinge in Betracht kommen können, ist nach L. O. Howard die Fliege Parexorista cheloniae, die zur Bekämpfung des Goldafters von Europa nach Amerika mit großem Anfangserfolg eingeführt wurde, bald aber nach Bastardierung mit anderen amerikanischen Formen derselben Fliegenart die Goldafterraupen nicht mehr befiel und so ihre nützlichen Eigenschaften vollkommen einbüßte.

Die Vermehrung der Schlupfwespen und Tachinen hat oft dadurch ihre natürlichen Grenzen, daß als „sekundäre Parasiten" oder „Schmarotzer zweiten Grades" kleine Schlupfwespen auftreten, die die im Raupeninnern lebenden Larven des ersten Schmarotzers anstechen und mit Eiern belegen, und deren Larven in der größeren Schlupfwespen- und Tachinenlarve leben. Durch sie können anfangs geglückte biologische Bekämpfungsversuche völlig unwirksam gemacht werden, da die durch Begünstigung oder Aussetzung vermehrte Zahl der Schmarotzer ersten Grades wieder den Anlaß für eine Massenvermehrung dieser Sekundärschmarotzer gibt,

welche die Feinde ersten Grades dezimieren, bevor diese ihre „biologische Bekämpfungsarbeit" beendet haben. In der freien Natur ist die hemmende Wirkung der Schmarotzer zweiten Grades bei Schädlingskalamitäten beobachtet worden; so wurden bei einer Kiefernspannerplage in der Tiefebene von Sandomier die Raupenfliegen, die im Jahre 1917 in schnellem Anstieg die Kiefernspannerraugen bis zu 72 Proz. befielen, plötzlich durch die Schlupfwespe Mesochorus politus stark eingeschränkt und in ihrer Wirkung auf die Kiefernspannerplage gehemmt. Eine geringe Hilfe kann der biologischen Bekämpfung durch Schmarotzer dritten und höheren Grades geleistet werden, die wieder in den Schmarotzern niederer Grade leben.

Die günstige Wirkung der biologischen Bekämpfung kann unter Umständen aus uns unbekannten Gründen erst nach einer gewissen Zeit einsetzen; so wurde Pleurotropis epigonus, ein 1890 nach Amerika eingeführter Feind der Fritfliege, erst nach 22 Jahren als geeigneter Parasit wiedergefunden, der heute in den Staaten Maryland, Pennsylvania, New York und New Jersey den Fritfliegenbefall stark einschränkt. Zeitweise ungünstige Witterungsverhältnisse können dadurch überwunden werden, daß die Parasiten während dieser Zeit in staatlichen Versuchsanstalten in Käfigen gehalten und zur Massenvermehrung gebracht werden, um zur Zeit des Auftretens der Schädlinge in den bedrohten Kulturen ausgesetzt werden zu können. Die Anzucht und Abgabe dieser natürlichen Feinde und die Durchführung der Bekämpfung ist besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika so vorzüglich organisiert, daß sie jederzeit als Vorbilder für eine gut ausgearbeitete, großzügige und kaufmännisch eingerichtete Bekämpfung gelten kann. Als Beispiel sei die Organisation der biologischen Bekämpfung der Orangenschildlaus Pseudococcus longispinus (Mealy bug) angeführt. Im Jahre 1892 führte K o e b e l e zu ihrer Bekämpfung die Coccinellide Cryptolaemus montrouzieri nach Kalifornien ein. In den Küstengebieten bürgerte sich der Käfer gut ein; er ist ein wichtiger Bestandteil der dortigen Fauna geworden und hat das biologische Gleichgewicht so geändert, daß mit einer wirklichen Plage der Orangenschildlaus nicht mehr zu rechnen ist. Anders verhielt es sich jedoch in den von den Küsten entfernteren Gebieten, in denen die Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen seine Einbürgerung nicht möglich machten. Da aber die Orangenschildlaus gegen chemische Spritz- und Räuchermittel sehr widerstandsfähig ist, haben die Orangenzüchter alles daran gesetzt, die zur Bekämpfung dieser Schädlinge allein brauchbare biologische Bekämpfungsmethode auszubauen und sicherzustellen. Sie richteten zu diesem Zwecke Zuchtstationen ein, die von den Obstbauvereinigungen oder den Bezirksbehörden unterhalten werden. Die Zucht-

stationen, von denen jeder der sieben Orangenbau treibenden Bezirke eine besitzt, werden in ganz verschiedener Weise finanziert: vier der Bezirksstationen werden durch Mittel unterhalten, die direkt von den betreffenden Bezirksbehörden zur Verfügung gestellt werden, während eine Station sich durch freiwillige, nach Höhe der Ernte zu berechnende Beiträge der Obstvereinigungen erhält. Die Stationen betreiben die Massenaufzucht der Käfer (und weiterer Schmarotzer), und den Leitern der Stationen, den Bezirksgartenbauinspektoren, ist volle Freiheit gelassen, wo und unter welchen Bedingungen sie die Käfer aussetzen. Es wird hierbei sehr weitherzig vorgegangen, da die Käfer überall da, wo es notwendig ist, ausgesetzt werden, selbst in Obstanlagen, deren Besitzer keine Beiträge zur Erhaltung der Station gezahlt haben. Im allgemeinen zahlen jedoch die Obstzüchter, auch wenn sie die Orangenschildlaus nicht in ihren Obstanlagen haben, die Beiträge gerne, da sie die Organisation zur Einschränkung und Bekämpfung der Schädlinge für sehr nützlich und für notwendig halten. Eine weitere Reihe der Stationen ist rein kaufmännisch eingestellt, d. h. sie unterhalten sich selbst, indem sie für jeden Käfer 1 Cent in Rechnung stellen. Die Gelder werden von den Obstbauvereinigungen aufgebracht und von den Bezirksbehörden eingezogen, und zwar zahlen diejenigen Obstzüchter, in deren Orangenkulturen die Schildlaus auftritt, ein Drittel der Unterhaltungskosten, während die übrigen zwei Drittel von der Gesamtvereinigung getragen werden. Diese Verteilung der Lasten ist sehr berechtigt, da einerseits der ganze Distrikt an der Bekämpfung und Einschränkung des Schädlings Interesse hat, andererseits aber der Einzelbauer, der befallene Obstplantagen hat, zu den auch in seinen Besitzungen durchgeführten Bekämpfungskosten mehr beiträgt als der Besitzer seuchenfreier Obstplantagen. Endlich werden noch einige recht rührige Stationen allein von den lokalen Obstbauvereinigungen, also ohne jede Mitwirkung der Bezirksbehörde, unterhalten. Die Leiter der Stationen müssen mehrjährige Erfahrungen in der praktischen Ausführung der biologischen Bekämpfung, vor allem in der Aufzucht nützlicher Tiere, haben; sie haben völlig selbständig über Zeit, Ort und Ausmaß der auszuführenden Bekämpfungsmaßnahmen zu entscheiden. Untereinander haben sie sich zusammengeschlossen und kommen zu bestimmten Zeiten zu gemeinsamen Besprechungen der wichtigen Fragen zusammen. Nach Angaben von H. S. Smith[1]) betrug der Sachwert (Gebäude und Ausrüstung) der Stationen im Jahre 1924: 33 800 Dollar, die jährlichen Betriebskosten 45 377 Dollar. Das gesamte befallene Areal hat eine Größe von ungefähr 8000 ha, in welchem im Jahre 1924 über 4 Millionen Käfer

[1]) Smith, H. S.: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 147.

aufgezogen und ausgesetzt wurden. Selbst wenn die Bekämpfung der Schildlaus mit chemischen Mitteln möglich wäre, so würde doch die biologische Bekämpfung wesentlich billiger kommen, da nach einer Berechnung von H. S. Smith schon die Unkosten einer einmaligen Bespritzung von nur einem Drittel des befallenen Areals ungefähr 200 000 Dollar betragen würden. Die Erfahrungen der Jahre 1923 und 1924 haben gezeigt, daß durch ständige Massenaufzucht und durch planmäßiges Aussetzen von Chryptolaemus montrouzieri eine Beseitigung des durch die Orangenschildlaus angerichteten großen Schadens erreicht werden kann; es wurde sogar häufig beobachtet, daß stark befallene Obstplantagen durch die biologische Bekämpfungsmethode in kurzer Zeit völlig rein wurden.

Die biologische Bekämpfungsmethode kann jedoch nicht allein gegen Massenvermehrungen neu eingeschleppter Schädlinge verwendet werden. Die riesigen Ausmaße einzelner Schädlingskalamitäten, wie wir sie z. B. in den Nonnen- und Forleulenplagen finden, haben neben Temperatur- und Witterungsverhältnissen ihre Hauptursache in dem Vorhandensein großer reiner Kulturbestände. Die Verschleppung eines Schädlings ohne die ihm angepaßten Parasiten in ein fremdes Land findet also eine Parallele in der intensiven Kultur einer einzigen Fraßpflanze, durch die in ähnlicher Weise eine Verschiebung des Gleichgewichtsverhältnisses zwischen dem Schädling und seinen natürlichen Feinden, ja ein völliges Ausfallen dieser Feinde, verursacht werden kann[1]). Es ist wiederholt versucht worden, Massenvermehrungen alteingesessener Schädlinge ebenfalls durch Züchtung und Aussetzen nützlicher Insekten zu verhindern und zu beseitigen. Es wurden zu diesem Zweck einerseits fremde Schmarotzer von außen eingeführt, eine Methode, die der vorherbesprochenen ähnlich ist und auch hier und dort Erfolge versprechen dürfte. So wurde zur Bekämpfung der überall als eingebürgerten Schädling zu betrachtenden Blutlaus in Südamerika, Südafrika und Frankreich die Schlupfwespe Aphelinus mali teilweise mit gutem Erfolg eingeführt, während die Einbürgerung in Deutschland bisher noch nicht gelungen ist. Andererseits aber hat man auch versucht, durch künstliche Massenzucht einheimischer Schmarotzer und durch Aussetzen dieser Massenzuchten in befallenen Gebieten die Schädlingsplagen zu beseitigen. Man setzte Tausende von Tieren aus und bekam in der Regel kein einziges wieder zu Gesicht; die Schädlingsplage aber ging weiter, bis sie selbst von der Natur aus geregelt wurde. Die nicht durch Einschleppung des Schädlings, sondern durch Witterungs- und Anbauverhältnisse verursachten Schädlingsplagen sind viel zu stark mit dem ganzen Komplex der verschiedenartigsten Außenbedingungen ver-

[1]) Escherich, K.: Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1922, S. 193.

flochten, als daß ein Aussetzen von Schmarotzern einen praktisch fühlbaren Einfluß auf die Plage haben könnte. Hier liegen die Verhältnisse ganz ähnlich wie bei den oben besprochenen Pilzkrankheiten der Insekten: sind sowohl Schädling als Schmarotzer bodenständig, so tritt unter für den Schmarotzer günstigen Außenbedingungen schon von Natur aus ein Zusammenbruch der Plage durch starke Massenvermehrung des Schmarotzers ein; sind keine günstigen Außenbedingungen für den Schmarotzer vorhanden, so kann eine Schädlingsbekämpfung nicht beendet werden durch das Aussetzen von Schmarotzern, die der Zahl nach im Vergleich zu der großen Menge der Schädlinge immer nur ganz verschwindend gering sein und daher immer nur den ersten künstlichen Anstoß zum Beginn einer erfolgreichen Massenvermehrung der Schmarotzer geben können. Eine andere Frage ist es jedoch, ob wir bei den Schädlingsplagen, die zum Teil durch menschliche Kulturmaßnahmen bedingt sind, durch Änderung dieser Kulturmaßnahmen, also indirekt, die biologische Bekämpfung ermöglichen können. Als Beispiel sei der Vogelschutz, eine ebenfalls schwer umkämpfte Art der biologischen Bekämpfung, angeführt.

Von den Vögeln eignen sich nur die Kerbtiere und Nagetiere fressenden Arten zur biologischen Bekämpfung. Neben Beobachtungen in der Natur und Fütterungsversuchen kann durch Magenuntersuchungen der Nutzwert der Vögel festgestellt werden[1]). Den Wert der Vogelwelt zeigen folgende Zahlen von Fütterungsversuchen, die G. Rörig in Flugblatt 67 der Biologischen Reichsanstalt anführt. Aus den Versuchen ergab sich, daß unsere kleinsten Vögel (Zaunkönige, Goldhähnchen, Schwarzmeise, Laubsänger) täglich eine Nahrungsmenge aufnehmen, die etwa 30 Proz. ihres Lebensgewichtes ausmacht.

Drei Blaumeisen und drei Tannenmeisen, die in großen Flugkäfigen gehalten wurden, verzehrten täglich neben ihrem sonstigen Futter durchschnittlich 2000 Nonneneier, die sie von ihrer natürlichen Unterlage absuchen mußten; wurde ihnen ihre gewohnte Nahrung bis auf 60 bis 80 Mehlwürmer entzogen, so steigerte sich der tägliche Verbrauch auf 8000 bis 9000 Nonneneier. Vier Blau- und vier Tannenmeisen verzehrten mit Beigabe von Mischfutter täglich 6500, ohne Mischfutter, aber mit Beigabe von 100 Mehlwürmern, gegen 10000 Eier des Kiefernprozessionsspinners. In einem anderen Versuch ernährten sich viele Vögel wochenlang ausschließlich von Raupen des Kiefernspanners und nahmen die Nahrung am letzten Tag genau so gern wie am ersten. Fünf Meisen und zwei Goldhähnchen, die zusammen nur 65 g wogen, nahmen durchschnittlich täglich 1876 Kiefernspannerraupen in einem Gewicht von 97,55 g auf; diese Menge entsprach einer Trockensubstanz, die 30,4 Proz. des Lebensgewichtes der Vögel ausmachte.

---

[1]) Rörig, G.: Arbeiten aus der biologischen Abteilung des Kaiserl. Gesundheitsamtes, 1899.

Von den zahlreichen in der Literatur mitgeteilten Magenuntersuchungen sei der Befund von Pustet[1]) angeführt, der im Magen eines Fasans 1 Regenwurm, 1 Falterpuppe, 6 Lauf- und Rüsselkäfer, 12 Drahtwürmer und 1584 Tipulalarven fand.

Mit zunehmender Kultur ist ein starker Rückgang dieser nützlichen Vögel zu verzeichnen. Durch Urbarmachung von Mooren, Brüchen und Ödländern, durch Abholzen großer Waldbestände, durch intensiven Feldbau und die damit verbundene Beseitigung aller Hecken und Gebüsche und durch Anlage reiner unterholzfreier Waldbestände nehmen wir den nützlichen Vögeln die notwendige Nistgelegenheit. Nicht Nahrungsmangel ist für den Rückgang der Vogelwelt verantwortlich zu machen; es ist allein der durch menschliche Kulturmaßnahmen bewirkte Mangel an Nistgelegenheiten. Und so sehen wir, wie nach Rückgang der Stare, Saatkrähen und Dohlen die Wiesenschnake in nie gesehener Weise in unseren Wiesen und Äckern auftritt, wie nach dem Verschwinden von Meisen und anderen Vögeln Baumweißlings- und sonstige Raupenplagen sich zeigen. Nach Stellwaag können schätzungsweise 70—80 Proz. der überwinternden Baumweißlingsraupen allein durch Meisen leicht vernichtet werden. Bei starkem Auftreten von Rübenaaskäfer und Rübenfliege stellen sich oft Starenschwärme ein, die zur Unterdrückung der Plage führen können. Das Ausbleiben der schädlingshemmenden Wirkung der Vögel haben wir nicht, wie bei den Schlupfwespen, irgendwelchen Witterungsverhältnissen, sondern in erster Linie uns selbst zuzuschreiben. Praktischen Vogelschutz[2]) betreiben heißt also nicht, die Zahl der Vögel in unnatürlicher und unmöglicher Weise steigern zu wollen, sondern durch Rückkehr zu natürlichen Verhältnissen, durch Anlage gemischter Wälder, durch Schonung und Anbau dichter Hecken und Gebüsche die Zahl der Vögel zu vermehren und nach Möglichkeit wieder den alten Gleichgewichtszustand der Natur herzustellen, damit die Vögel, wie in den Naturwäldern, der Massenvermehrung der Schädlinge wirksam vorbeugen können. Bis zur Erreichung dieses Zieles kann man durch Darbieten geeigneter künstlicher Nistgelegenheiten schon versuchen, die nützlichen Vögel an bestimmte Gegenden zu fesseln (Starkolonien in Tipulagebieten); es ist aber nicht zu vergessen, daß das Anbringen von künstlichen Nestern[3]) (Abb. 1) und das Erlassen eines Vogelschutzgesetzes[4]) erst der Anfang einer biologischen Bekämpfungsmethode sind.

[1]) Pustet: Praktische Blätter für Pflanzenbau- und Pflanzenschutz, 3. Jahrgang, 1925, S. 46.

[2]) v. Berlepsch: Der gesamte Vogelschutz. 10. Aufl. Neudamm 1924.

[3]) Nistkästen für die verschiedenen Vogelarten baut nach Angaben des Frh. v. Berlepsch die Firma Hermann Scheid, Büren i. Westf.

[4]) Vogelschutzgesetz vom 30. Mai 1908 (Reichsgesetzblatt 1908, S. 317).

Die Beispiele für günstige Erfolge des Vogelschutzes sind zahlreich, wenn auch die planmäßige Anwendung noch in den Anfangsstadien steckt. Am bekanntesten ist der dem Frh. v. Berlepsch gehörende Seebacher Forst, der dank seines Vogelschutzes und Vogelreichtums im Jahre 1921 vom drohenden Kahlfraß [1]) durch den Buchenspinner verschont blieb. Die im Jahre 1923 in Rheinhessen auftretenden starken Raupenplagen verschonten die Gemeinde Herrnsheim, die einen großen wald- und buschreichen Schloßpark umfaßt, und die Gemeinde Alsheim, die musterhafte Obstanlagen mit Vogelschutz besitzt. Auch über den Nutzen ausreichender Mengen von Staren, Krähen, Möven und Spechten, Meisen und Eichelhähern liegen zahlreiche Mitteilungen vor. Daß die praktische Durchführung des Vogelschutzes viele Schwierigkeiten hat, soll gewiß nicht verschwiegen werden. Man hatte sich besonders im Anfang den Vogelschutz recht einfach gedacht, wenn man z. B. in Frankreich einmal 500, ein andermal 1600 Wachteln zur Schädlingsbekämpfung in Gebieten aussetzte, die für Wachteln ungeeignet waren. Außer den örtlichen Verhältnissen ist auch die Auswahl der Vogelart wichtig. Viele Vögel sind Einsiedler, die für ihr Brutgeschäft ein gewisses Areal verlangen und bei ihrer Zanksucht keine Konkurrenz dulden. Aber gerade bei Insektenkalamitäten ist beobachtet worden, daß unter den Vögeln, die sich in größeren Schwärmen in den Raupenfraßherden einstellten, selbst solche sich in größerer Menge zusammenfanden, die sonst keineswegs gesellig zusammenleben. Andere Vogelarten führen ein regelrechtes Nomadenleben, indem sie, wie die Stare, im Spätsommer und Herbst sich zu Gesellschaften zusammenschließen und dann eine sehr geringe Ortsbeständigkeit zeigen. Aber diese großen Vogelhorden bedürfen zu ihrem Lebensunterhalt auch großer Nahrungsmengen und fallen daher besonders häufig in Feldern ein, die unter Tipula, Rübenaaskäfer, Schnecken, Drahtwürmern und

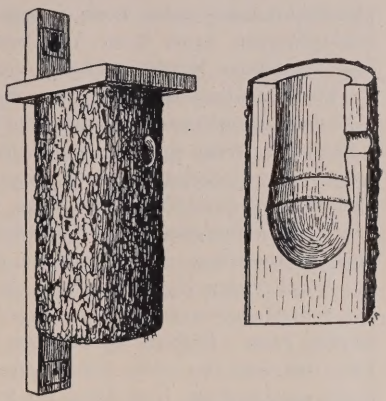


Abb. 1. v. Berlepsche Nisthöhlen. (Nach Speyer.)

[1]) Appel und Schwartz: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1921, S. 49.

sonstigen Schädlingen zu leiden haben. Das Auftreten von großen, oft Hunderte von Tieren umfassenden Krähenschwärmen auf Wiesen deutet fast immer auf eine Tipulakalamität hin.

Als wichtigen Grund gegen den Vogelschutz führen die Gegner desselben an, daß die Vögel unterschiedslos gesunde, kranke und von Schlupfwespen und Tachinen befallene Raupen fressen und dadurch die Ausbreitung der Krankheiten und der nützlichen Insekten erschweren oder sogar verhindern; sie vergessen dabei, daß jede Bekämpfungsart, insbesondere die Bekämpfung mit physikalischen und chemischen Mitteln, unterschiedslos die Schädlinge vernichtet und daß es nur die Vögel sein können, die zu ihrer Ernährung die gesunden Raupen den sterbenden polyederkranken immer noch vorziehen können. Dann aber sind die Schlupfwespen durch ihren Artenreichtum und ihre Fruchtbarkeit vor einer merkbaren Minderung durch Vogelfraß hinreichend geschützt.

Zusammenfassend kann zu dem Vogelschutz als Schädlingsbekämpfungsmittel gesagt werden, daß durch neu einsetzende Vogelschutzmaßnahmen weder eine drohende Schädlingskalamität gebannt noch eine schon ausgebrochene Kalamität beseitigt werden kann, daß weiterhin auch trotz Vogelreichtum Schädlinge, die durch außerordentlich günstige Witterungsverhältnisse in ihrer Entwicklung stark gefördert werden, zur Massenvermehrung schreiten können, da auch bei Vogelreichtum die Zahl der Vögel letzten Endes durch die Nahrungsmenge bedingt ist, und da der Schädlingsvermehrung erst sekundär durch die Vögel Einhalt getan werden kann. Frühere Erfahrungen und neuere Einzelversuche zeigen aber, daß man von vielen Schädlingsplagen verschont bleibt, wenn man durch systematische Umstellung der Forstwirtschaft (Rückkehr zu Mischwald und Unterholz) und durch Schonung und Neuschaffung von Nistgelegenheiten in Feld und Garten das ursprüngliche biologische Gleichgewicht wieder herstellt.

Eine besondere Form der Verwendung von Vögeln zu biologischen Bekämpfungszwecken ist der Eintrieb von Hühnern. Im kleinen finden wir die Maßnahme, oft ganz unbewußt und unbeabsichtigt durchgeführt, in Obst- und Gemüsegärten, im großen wird jedoch das Geflügel in besonders fahrbaren Hühnerställen auf die von Rübenaaskäfern, Schnecken, Heuschrecken und sonstigen Schädlingen befallenen Felder gebracht. Besonders Truthühner haben sich als geeignet zum Eintrieb erwiesen, da sie infolge ihres größeren Geselligkeitstriebes leichter in Herden zusammenbleiben und daher herdenweise von einer Ackerfläche zur anderen getrieben werden können. Vom Haushuhn eignen sich ältere Küken, da bei Legehennen mit Eiverlusten zu rechnen ist, die Glucken die Wagen nicht verlassen und zu junge Küken die Pflanzen noch zu stark befressen.

200 mit einem fahrbaren Hühnerwagen eingesetzte Küken sollen täglich 5 Morgen Rüben vom Rübenaaskäfer reinigen können. Nach Blunck und Görnitz (1923), die Hühner ebenfalls zur Bekämpfung des Rübenaaskäfers verwandten, schwärmten die Küken auf 50 Meter im Umkreis des Wagens aus, gewöhnten sich bald an das Absuchen der Rübenaaskäfer, ohne die Rüben ernstlich zu schädigen; der Rückgang der Käfer und Larven wurde nach halbtägiger Fraßtätigkeit der Küken stellenweise bis zu 90 Proz., im Durchschnitt auf 50 Proz. festgestellt. Bei Verwendung von Hühnern zur Vertilgung von Heuschrecken ist beobachtet worden, daß Fleisch und Eier der Hühnervögel bei ständiger und alleiniger Heuschreckennahrung einen unangenehmen Geschmack bekommen; kurz vor dem Schlachten der Tiere muß daher die Ernährungsweise geändert werden.

Von den übrigen Wirbeltieren sind Kröten, Maulwürfe, Igel, Spitzmäuse und Fledermäuse als eifrige Schädlingsvertilger zu schützen. Die von H. Sachtleben[1]) durchgeführten Untersuchungen von 140 Maulwurfsmagen ergab, daß die Hauptnahrung des Maulwurfs aus Engerlingen und Drahtwürmern besteht. Eine künstliche Verwendung dieser Tiere zur Bekämpfung von ausgebrochenen Schädlingskalamitäten dürfte jedoch praktisch nicht durchführbar sein. Weiterhin hat man sich der Schweine zur Bekämpfung der Heuschrecken- und Engerlingsplage bedient. Die Schweine durchwühlen und säubern sorgfältig den ganzen Boden der Engerlingsbefallstellen, wobei sie offenbar vom Geruchssinn geleitet werden. Infolge ihrer Wühlarbeit sind sie jedoch nur im Forstbetrieb zu verwenden. Sowohl Engerlinge, wie auch Heuschrecken, stellen für Schweine ein vorzügliches Mastfutter dar, doch erhält das Schweinefleisch durch längere, ausschließliche Ernährung der Schweine mit Engerlingen oder Heuschrecken einen unangenehmen Geschmack; durch Nahrungswechsel ist dieser Übelstand jedoch zu beseitigen.

C. Technische Bekämpfung mit physikalischen Mitteln

Je nach der Methode kann man zwei Arten der technischen Bekämpfung unterscheiden, eine solche, die sich physikalischer Methoden bedient, und eine zweite, die die Verwendung chemischer Mittel zur Bekämpfung vorsieht. Beide Arten der technischen Bekämpfung haben in den seltensten Fällen eine prophylaktische Bedeutung; beide zielen vielmehr in erster Linie auf die Vernichtung der schon vorhandenen Schädlinge hin. Ver-

[1]) Sachtleben, H.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1925, Bd. 14.

einzelt können auch beide Arten in einem Bekämpfungsverfahren kombiniert werden (Fangvorrichtungen + Giftköder).

Bei der technischen Bekämpfung mit physikalischen Mitteln unterscheidet man mechanische Maßnahmen und solche, die Wärme oder Kälte, Licht oder den elektrischen Strom zu Hilfe nehmen.

1. Mechanische Bekämpfungsmaßnahmen

a) Druckmaßnahmen

Die einfachsten mechanischen Bekämpfungmaßnahmen benutzen die Druckwirkung. Schädlinge mit der Hand zu ergreifen und mit den Fingern zu zerdrücken, dürfte die älteste und primitivste Bekämpfungsart darstellen, die jedoch heute noch zur Vernichtung von Blutlauskolonien, von Eigelegen (z. B. des Kohlweißlings), von Raupen (z. B. des Traubenwicklers) und von Blattläusen geübt wird. Weitere, auf Druckwirkung beruhende Maßnahmen sind das Abbürsten und Abkratzen der Obstbäume zur Beseitigung der Flechten und Moose und der unter losen Rindenstücken überwinternden Schädlinge und an Rebstöcken das Abbürsten der Übergangsstellen vom alten zum neuen Holz zur Vernichtung der dort überwinternden Eier der Milbe Tetranychus telarius. Zur Bekämpfung der Raupen der Graseule und von Heuschreckenlarven hat sich auf ebenem, harten Untergrund (Weideland, Steppen) die Anwendung von Walzen und Ruteneggen bewährt; in Ungarn sind zur Bekämpfung der Heuschrecken nach Art der Straßenkehrmaschinen arbeitende, fahrbare Insektenbürsten gebaut und verwendet worden. Vorübergehendes Beweiden mit Schafen und Rindvieh kommt dem Walzen gleich, da die starken Klauenränder der Tiere die Schädlinge zerquetschen. Schafeintrieb wurde besonders in Deutschland zur Bekämpfung der Tipulalarve empfohlen; er dürfte aber wegen der starken Druckwiderstandsfähigkeit der Larven keinen durchgreifenden Erfolg haben. Eintrieb von Rindvieh soll sich in Anatolien zur Vernichtung von Heuschreckenschwärmen als billiges und im Gegensatz zu anderen Mitteln auch an trüben Tagen anwendbares Bekämpfungsmittel bewährt haben. Eine eigenartige, auf Druckwirkung beruhende Einstichmaschine wird in Holland zur Bekämpfung der Tipulalarven verwandt. — Das Abspritzen von Blatt- und Blutläusen mit scharfem Wasserstrahl beseitigt zwar im Augenblick die Schädlinge, ist aber nur an einzelstehenden Pflanzen (vor allem an Topfpflanzen) anzuwenden, dient jedoch bei dichten Beständen mehr zur künstlichen Ausbreitung als zur Vernichtung der Schädlinge. — Bis vor einigen Jahren war in Amerika das sog. „worming"-Verfahren, d. h. das Auskratzen und Abtöten der in verholzten Pflanzen minierenden Raupen mit einem Messer oder scharfen

Draht, trotz seiner Mühseligkeit, das einzige, beste und allgemein angewandte Hilfsmittel, um Obstbäume von bestimmten Bohrern (Raupen des Pfirsichbohrers) freizuhalten. Auch in Deutschland tötet man die holzbohrenden Raupen des Blausiebs und des Weidenschwärmers durch Einführen eines spitzen Drahtes in den Bohrgang.

Trotz unserer modernen, leicht anzuwendenden chemischen Bekämpfungsmittel wird auch zur Bekämpfung des Traubenwicklers heute noch hier und da das sog. „Heuwurmen", d. h. das Abtöten der Heuwürmer in den Gescheinen durch Frauen und Kinder mit Hilfe eines zugespitzten Hölzchens, empfohlen, das nach Gescher[1]) bei sorgfältiger Arbeit eine höhere Abtötungsziffer gibt als die Arsenmittel und in kleinen Betrieben bei geringem Befall auch heute noch durchzuführen sein soll. — Zur Vernichtung des Wiesenzünslers (Phlyctaenodes sticticalis) empfiehlt die Österreichische Bundesanstalt für Pflanzenschutz das planmäßige Auslegen von 4 m langen Brettern zwischen die Rübenreihen und das Niedertreten der Rübenblätter von rechts und links mit bloßen Füßen auf diese Bretter, um die Raupen des Wiesenzünslers zu zerquetschen. — Die in den Maisstengeln lebenden Maiszünslerraupen werden durch Quetschen der Maisstengel zwischen zwei Walzen zerdrückt. — Zu den Druckmaßnahmen gehört endlich auch das Vernichten der Schädlinge durch Abschuß (Vögel, Nager) und durch Sprengung (Bodenschädlinge).

b) Maßnahmen der Fernhaltung

Die zweite Gruppe der mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen erstrebt die Fernhaltung der Schädlinge von den Kulturpflanzen. Weidevieh und Wild werden durch Zäune, Mauern, dichte Einfriedigungen und Gitter von Pflanzungen und einzelnen Kulturpflanzen (Obstbäumen), die unterirdisch wühlenden Nagetiere durch eingegrabene Drahtgitter oder Zinkblecheinfriedigungen, durch mit Glasscherben und Dorngeflecht ausgefüllte Gräben abgehalten. Auch wandernde Raupenmassen, Heuschreckenlarven, Rüsselkäfer und Nematoden sucht man mit mehr oder weniger großem Erfolg von den bedrohten Feldern durch tiefe Gräben fernzuhalten. Die Ausbreitung von Schnecken hat man durch künstliche Schranken von Asche, Gerstenspreu, Häcksel oder Fichtennadeln verhindert. Kartoffel- und Rübenmieten können durch Einlegen von Wacholderbüschen in die Mietendecke wirksam vor Einbruch durch Mäuse und sonstige Schädlinge geschützt werden. Besonders wertvolle Früchte und Fruchtstände werden einzeln in Gaze- oder Papierbeutel (Traubensäcke) eingebunden.

---

[1]) Gescher: Weinbau und Weinhandel, 43. Jahrg., 1925, S. 330.

Ein wichtiges Mittel zur Fernhaltung von Schädlingen sind die Klebstoffschranken oder Leimringe, die im Obstbau und in der Forstwirtschaft gegen Raupen des Kiefernspinners, der Nonne, des Ringelspinners, Schwammspinners und Goldafters und gegen die flügellosen Weibchen der Frostspanner angewandt werden. Zur Herstellung der Leimringe wird eine besondere, als Raupenleim bezeichnete, aus Harzen, Ölen, Wachs, Fettrückständen oder Teerabfällen hergestellte Klebmasse (chemische Zusammensetzungen und Eigenschaften s. S. 290) im Forstbetrieb auf den gereinigten und geglätteten Stamm, im Obstbau auf eine besondere wasser- und fettundurchlässige, den Stamm umschließende Papierunterlage in Brusthöhe bis Manneshöhe ringförmig aufgestrichen. Wegen der Empfindlichkeit der Obstbäume kann die direkte Auftragung des Leimes auf den Stamm im Obstbau nicht empfohlen werden. Zum Auftragen bedient man sich eigener Spatel, der Leimquetsche oder des sog. Leimschlauches, der durch einen besonderen Füllapparat immer gebrauchsfertig gemacht werden kann und auf Druck hin den Leim in Bandform austreten läßt. Der Leim wird in einer Breite von 8—10 cm und, je nach der Art des Raupenleims, in einer Dicke von 2—5 mm aufgestrichen. Zur wirksamen Durchführung der Fernhaltung sind auch die den Baum haltenden Baumpfähle oder die Äste stützenden Stangen mit Leimringen zu versehen (Abb. 2).

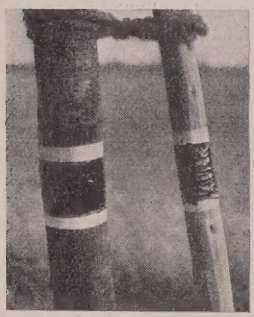


Abb. 2.
Leimringe an Pflaumenbaum und Stützpfahl.
(Nach H. Thiem.)

Die Anwendung der Leimringe im Obstbau wird allgemein als wichtige Maßnahme vor allem zur Bekämpfung des Frostspanners anerkannt. So berichtet Baunacke[1]), daß er an einem Obstbaum pro Tag nicht weniger als 50—60 Frostspannerweibchen, ein andermal sogar innerhalb sechs Stunden auf einem einzigen Leimring 143 Frostspannerweibchen fing, die unter günstigsten Bedingungen über 50 000 Raupen gegeben hätten. Nicht so einheitlich ist die Beurteilung der Zweckmäßigkeit des Leimringverfahrens im Forstbau. Hier haben sich die sich widersprechenden Ansichten so verschärft, daß man von „Leimfreunden" und „Leimgegnern" spricht, und daß selbst die deutschen Einzelstaaten, die Eigentümer der größten deutschen Forstbestände, sich entweder der einen oder der anderen

[1]) Baunacke: Die kranke Pflanze, 2. Jahrg., 1925, S. 23, 165.

Richtung angeschlossen haben. So galt Preußen lange Zeit als „Leimgegner", Sachsen als „Leimfreund". Die „Leimfreunde" nehmen an, daß jede Raupe mindestens einmal im Laufe ihrer Entwicklung durch Abfall oder Abspinnen auf den Boden gelangt und von dort aus durch „Aufbaumen" die Bäume zu erklettern und die Kronen zu erreichen sucht. Welche Raupenmengen tatsächlich auf den Boden gelangen, zeigen Beobachtungen von Krieg[1]), der an einer 30jährigen Fichte bis zur Manneshöhe etwa 3000 Nonnenraupen beim Aufsteigen fand, während die Krone auch noch stark besetzt war. Diese aufbaumenden Raupen können durch Leimringe von den Kronen ferngehalten werden, die Tiere sitzen bald zu Tausenden unterhalb des den Zugang zur Nahrung versperrenden Leimringes und gehen aus Nahrungsmangel ein. Durch Erschüttern (Abprellen) der Bäume können die Raupen auch künstlich zum Abfall gebracht werden.

Die „Leimgegner" lassen die Verwendung von Leimringen nur zur Bekämpfung der Kiefernspinnerraupen zu, die in der Streudecke des Bodens überwintern und daher den Weg über die Stämme zu den Kronen nehmen müssen. Bei Nonnen und den anderen in Betracht kommenden Forstschädlingen aber ist die Eiablage über den ganzen Stamm so verteilt, daß ausreichend große Mengen von Raupen oberhalb des Leimringes zum Fraß gelangen. Die „Leimgegner" glauben nicht, daß die Raupen in ihrem normalen Entwicklungsgange die Baumkronen verlassen und auf den Boden gelangen; sie sind vielmehr der Ansicht, daß ausschließlich die polyederkranken oder die parasitierten Raupen sich abspinnen oder abfallen lassen. Eine Vernichtung dieser erkrankten Raupen durch Leimringe hieße aber eine von der Natur aus einsetzende Regulation der Schädlingsvermehrung aufhalten und die Kalamität selbst in die Länge ziehen. Auch durch Abprellen der Bäume können nach Ansicht der „Leimgegner" nur solche Raupen zum Absturz gebracht werden, die durch Parasitierung oder andere Krankheiten schon wesentlich geschwächt und ohnehin bereits Todeskandidaten sind. — Wenn die Bedenken der „Leimgegner" auch von den „Leimfreunden" stets gewürdigt und bei Leimungen berücksichtigt worden sind, so haben doch die Leimgegner durch genaue Untersuchungen den Beweis noch nicht erbringen können, daß jede Leimung zwecklos und schädlich ist. Das in großen Forstbeständen durchgeführte „Leimen" stellt eine kostspielige Bekämpfungsmaßnahme dar, die auch von den „Leimfreunden" nicht ohne bestimmte Sicherungen durchgeführt wird. Diese Sicherungen bestehen im Probeeiersuchen, im Probesuchen der Raupen im Boden, in der Probeleimung und in der genauen

[1]) Krieg: Anzeiger für Schädlingskunde, 1925, S. 98.

Untersuchung der Raupen auf ihren Gesundheitszustand. Zum Probeeiersuchen wird in bestimmten Abständen (in Sachsen pro Hektar) ein Baum gefällt und die am Baum befindlichen Eier gezählt. Bei Feststellung der endgültigen Zahl der Eier wird die übersehene Menge in bestimmter Weise mit berücksichtigt. Bei mindestens 200 Eiern pro Stamm gilt der Bestand als gefährdet. Beim Probeleimen werden in etwa 10—12 m breiten, die Bestände durchlaufenden Streifen sämtliche Bäume geleimt; aus der über und unter dem Leimringe sitzenden Raupenzahl wird auf die Stärke des Befalls geschlossen. Die Untersuchung der Raupen selbst auf ihren Gesundheitszustand entscheidet über die Notwendigkeit der Volleimung. — Nach den Bestimmungen der Sächsischen Regierung hat das Töten von Raupen und Puppen und daher auch die Volleimung zu unterbleiben, sobald mindestens 50 Proz. der Raupen erkrankt sind; nach Escherich führt schon eine Erkrankung von 30—40 Proz. der Tiere zum Zusammenbruch der Plage und macht damit die Leimung unnötig.

Klebstoffschranken sind weiterhin versuchsweise zum Absperren kleinerer Kulturflächen durch Anlage von breiten Teerstreifen verwendet worden, haben aber, da sie durch Verstaubung und Verschmutzung bald unwirksam werden, keine weitere Bedeutung gefunden.

Eine Fernhaltung mit mechanischen Mitteln findet sich auch bei den verschiedenen Abschreckmitteln, die in Form von Schnüren, Drähten, frei aufgehängten Papierschnitzeln oder Spiegel- oder Blechstückchen und von Vogelscheuchen durch ihre Gestalt, ihre durch Wind beweglichen Teile oder durch rasselnde Geräusche Saatbeete und größere Kulturflächen vor Vogelfraß schützen. Da sich insbesondere die Sperlinge bald an diese Abschreckmittel gewöhnen, ist ihre Wirkungsweise meist nicht lange andauernd. Zur Abwehr des Wildes und der Vögel werden ferner Schreckgeräusche verwandt, die durch kleine klappernde Windmühlen oder von Wachtposten abgegebene Schüsse, neuerdings auch durch langsam abbrennende, alle halbe Stunde einen Schuß abgebende Zündschnüre hervorgerufen werden. Auch ganze Heuschreckenschwärme werden in Afrika von den Eingeborenen durch Lärm (Schlagen von Blecheimern und Blechbüchsen, Schreien, Händeklatschen, insbesondere durch hohe und mittlere Töne von Piston und Signalhorn) zum Weiterfliegen veranlaßt.

Als Abschreck- und Fernhaltungsmittel haben noch die als Kohlkragen bezeichneten Teerpappscheiben große Bedeutung gefunden. Die sechseckigen oder runden Scheiben haben einen bis zur Mitte führenden Einschnitt und werden den jungen Kohlpflanzen so um den Stengel gelegt, daß der Pappschirm der Erde dicht anliegt und die Kohlpflanze in der Mitte des Kohlkragens zu stehen kommt. Sie wurden zuerst im Jahre 1889 im Staate New York verwandt, kamen, nachdem sie sich in den

Vereinigten Staaten und Kanada gut bewährt hatten, zu Beginn des Jahrhunderts nach England und haben sich dann besonders in Holland für den Kohlbau von großem Nutzen gezeigt. Der holländische Pflanzenschutzdienst lieferte auf Bestellung im Jahre 1918: 40 000, 1920: 200 000 und 1923: 1 800 000 Kohlkragen; außerdem beteiligten sich noch zwei holländische Firmen (Utrechter Asphaltfabrik und die Firma G. Heynekamp in Wageningen) an der Herstellung der Kohlkragen. Versuche ergaben, daß durch Verwendung der Kohlkragen der Befall der Kohlpflanzen durch die Kohlfliege (Chortophila brassicae) von 90—95 Proz. auf 5—8 Proz. vermindert werden kann. Da die Kohlkragen mehrere Jahre benutzt werden können, sind bei dem schon billigen Kaufpreis die Kosten des Verfahrens sehr niedrig. Die Kohlkragen haben in Deutschland trotz vieler Hinweise bei Herstellern und Praktikern bis jetzt noch nicht viel Beachtung gefunden, neuerdings hat jedoch die Chemische Fabrik A. F. Malchow in Staßfurt-Leopoldshall die fabrikmäßige Herstellung der Kohlkragen für Deutschland aufgenommen, außerdem ist wiederholt die Selbstherstellung der Kragen mittels Stanzeisen empfohlen worden [1]).

Als letztes Beispiel der Fernhaltung mit mechanischen Mitteln ist das Bestäuben und Bestreuen der Pflanzen mit trockenen, feingepulverten und nach Möglichkeit gut haftenden Stoffen zu nennen. Als Stoffe werden Kalkstaub, Thomasmehl, Ruß, Asche oder Straßenstaub gegen Erdflohkäfer und Blattwespenlarven verwandt. Die Mittel sind an sich nicht giftig, zeigen auch keine ätzenden Eigenschaften, sondern wirken in erster Linie nur fraßabschreckend und verursachen höchstens Verdauungsstörungen, da sich das feine Pulver in den Falten des Mitteldarms zusammenballt.

c) Maßnahmen des Einsammelns

Die dritte Gruppe der mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen bezweckt das Einsammeln von Schädlingen, eine oft mühselige, billige Arbeitskräfte voraussetzende Methode, die daher heute nach Möglichkeit durch die Anwendung chemischer Mittel ersetzt wird. Die Methoden des Einsammelns haben nur dann vollen Erfolg, wenn dem Einsammeln das Vernichten der Schädlinge folgt.

Zur Methode des Einsammelns gehören zuerst einmal die einfachsten Maßnahmen, wie das Ablesen von Schädlingen (Raupen, Eigelegen usw.), das Ausraufen befallener Pflanzen und das Entfernen befallener Pflanzenteile (Brandähren, von Mehltau, Schorf oder Monilia befallene Triebe, vom Apfelblütenstecher und Birnknospenstecher befallene Blüten und Knospen), das Ausschneiden von Raupennestern, das Einsammeln erkrankter Früchte

[1]) Blunck, H.: Der deutsche Erwerbsgartenbau, 1925, Nr. 16.

und das Verlesen von Saat- und Pflanzgut. Trotz der primitiven Durchführung dieser Maßnahmen können dieselben doch auch heute noch wichtig sein. Das Ausschneiden der Raupennester des Goldafters und des Baumweißlings ist heute noch die einfachste, leicht durchzuführende und wirksamste Bekämpfung dieser Raupen. Gegen Apfelmehltau (Podosphaera leucotricha) versagen bisher alle chemischen Mittel; hier ist das Entfernen der erkrankten Apfelzweige die einzig mögliche Bekämpfungsmethode, die z. B. in Versuchen der Schweizerischen Versuchsanstalt Wädenswyl im Verlauf von 2—3 Jahren zur Beseitigung der Krankheitsherde geführt hat.

Das Einsammeln und Vernichten befallener Pflanzenteile verfolgt das Prinzip, die weitere Ausbreitung eines Parasiten zu verhindern. Die Vernichtung muß daher möglichst frühzeitig, bei pilzlichen Erkrankungen vor der Sporenbildung, erfolgen. Die befallenen Triebe sind am besten an Ort und Stelle zu verbrennen oder tief zu vergraben, damit die Pflanzen nicht auf den Komposthaufen und die oft sehr widerstandsfähigen Sporen später mit dem Kompost wieder auf das Land gelangen und Neuinfektionen bewirken. Die Vernichtung befallener Pflanzen kann bei Neueinschleppung eines Schädlings (Reblaus, Koloradokäfer) oder bei sehr starkem Auftreten eines Schädlings (Rübenaaskäfer) so weit durchgeführt werden, daß ganze Kulturbestände umgepflügt oder ausgerissen und vernichtet werden.

Das Zusammenharken mit Handrechen wird in Deutschland bei den in der Waldstreu lagernden Kiefernspinner- und Eulenfalterpuppen angewandt (s. S. 63), in Argentinien werden Heuschreckenlarven mit großen Pferderechen zusammengeharkt, in Säcke oder Kisten gefüllt und durch Aussetzen der großen Tageshitze zum Absterben gebracht.

Auf Bäumen und Sträuchern lebende Insekten (Blattkäfer, Rüsselkäfer, Raupen) schüttelt man durch „Abklopfen" in untergebreitete Tücher, Schirme oder Fangtrichter. Fliegende Insekten fängt man mit Netzen oder Klebfächern. Die Anwendung der mit Fliegenleim bestrichenen, die Form von Tennisschlägern besitzenden Klebfächer war besonders in den Weinbaugebieten zum Fang des Traubenwicklers gebräuchlich und hatte stellenweise gute Erfolge aufzuweisen. Zum Beispiel wurden 1899 in einem Weinbaubezirke an der Mosel von 120—130 Erwachsenen in 98 Stunden 277 187 Traubenwicklerfalter und von 30 bis 40 Schulkindern in 66 Stunden 93 785 Falter gefangen. Heute ist die Anwendung der Klebfächer infolge der hohen Arbeitslöhne nicht mehr rentabel und allenthalben aufgegeben, insbesondere da in den billigen Arsenmitteln ein ausgezeichnetes Bekämpfungsmittel gegen den Traubenwickler gefunden worden ist. Die Brauchbarkeit einfacher Handnetze

zeigte neuerdings H. Bremer[1]), indem er mit einem Netz in 23 Minuten von $1^1/_2$ Morgen Rübenfläche ungefähr 10 000 Rübenfliegen fing; solange gegen die Rübenfliege noch keine besseren und billigeren Maßnahmen und Mittel (vgl. flüssige Arsenköder (S. 392) zur Verfügung stehen, dürfte man daher beim Vorhandensein billiger Arbeitskräfte die Fangnetzmethode nicht ganz unberücksichtigt lassen.

Außer diesen, mit der Hand leicht zu bedienenden Klebfächern und Handnetzen sind für einzelne Schädlinge, wie Erdflohkäfer, Rapsglanz-

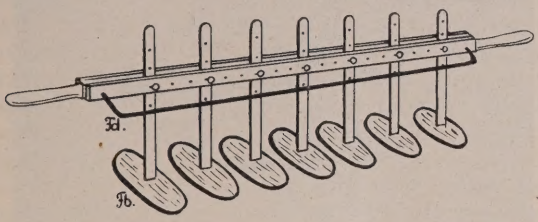


Abb. 3. Sperlingscher Fangapparat. (Nach Baunacke.)

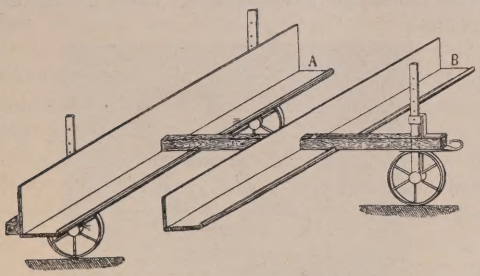


Abb. 4. Paulyscher Fangwagen.

käfer und Weidenblattkäfer, verschiedenartige trag- und fahrbare Fangmaschinen gebaut und in Gebrauch genommen worden, bei denen durch Erschütterung der Pflanzen die Schädlinge von den Pflanzen abgefegt und auf mit Raupen- oder Fliegenleim bestrichenen Klebflächen oder in mit Petroleum und Wasser gefüllten Sammelbehältern gefangen werden. Bewährt haben sich nach H. Blunck[2]) gegen Erdfloh- und Rapsglanzkäfer der Paulysche Fangwagen und der Sperlingsche Fangapparat (Abb. 3), nach Ludwigs und Schmidt[3]) gegen Weidenblattkäfer der fahrbare

[1]) Bremer, H.: Die deutsche Zuckerindustrie, 1925, S. 42.
[2]) Blunck, H.: Zeitschrift für angewandte Entomologie, Bd. 10, H. 1.
[3]) Ludwigs und Schmidt: Flugblatt 81 der Biologischen Reichsanstalt.

Königsche Fangapparat (Abb. 5) und der tragbare Hänßlersche Fangapparat (Abb. 6). Die Apparate zum Fang der Weidenblattkäfer werden so durch die Weidenanpflanzungen geführt, daß die Weidentriebe durch die schiffchenförmigen Sammelbehälter durchgezogen und an den

Abb. 5. Königs zweirädriger Käferfangwagen. (Nach Ludwigs und Schmidt.)

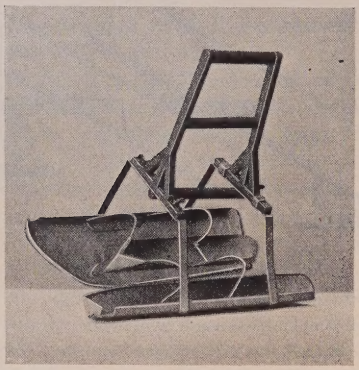


Abb. 6. Tragbarer Hänßlerscher Fangapparat. (Nach Ludwigs und Schmidt.)

Querstangen erschüttert werden; die durch Erschütterung zum Abfall gebrachten Käfer fallen in die leimbestrichenen Sammelbehälter. Bei dem leicht selbst herzustellenden, von zwei Mann tragbaren Sperlingschen Fangapparat[1]) und dem von der Maschinenfabrik C. F. War-

[1]) Anleitung zum Bau gibt u. a. Baunacke: Die kranke Pflanze, 1924, S. 64.

neck in Oels, Schlesien, zu beziehenden Paulyschen Fangwagen (Abb. 4) werden die Pflanzen ebenfalls durch Querstangen erschüttert und die abfallenden Käfer auf leimbestrichene Fangflächen, die je nach Höhe der Pflanzen beliebig einzustellen sind, aufgefangen. Die Anwendung der Fangmaschinen ist bedeutend billiger als das Spritzen und Stäuben mit chemischen Bekämpfungsmitteln. Mit dem Sperlingschen Fangapparat (Abb. 3) können zwei Mann in einer Stunde fast 1 ha behandeln. Da die Erdflohkäfer nur bei sonnigem, warmem Wetter „springen", ist die Anwendung der Maschinen gegen Erdflöhe durch die Witterung beschränkt. Nach Lang[1]) können bei einmaligem Durchgang durch die Felder etwa 50 Proz. der Käfer gefangen werden; zum vollen Erfolg muß der Durchgang mindestens dreimal wiederholt werden. Nach jedem Fang sind die Käfer zu vernichten und die Klebflächen wieder neu zu bestreichen. Andere, nach ähnlichen Grundsätzen wie die oben beschriebenen Erdfloh-Fangmaschinen gebaute Fangapparate[2]) (Mendesche Fangrinne, Teertuchkarre, Präriekarre) sind teilweise in außerdeutschen Verhältnissen versucht worden, haben aber für deutsche Verhältnisse keine Bedeutung gewonnen.

Als letztes Beispiel des Einsammelns von Schädlingen ist die mechanische Trennung der Schädlinge von Saatgut und Vorräten anzuführen. Auf Grund der Größenunterschiede können Getreidesaat durch Siebe von bestimmter Maschenweite und durch besonders gebaute Reinigungsmaschinen von Kornkäfern, Raupen der Kornmotte und von Radekörnern, Kleesamen vom Samen der Kleeseide (Cuscuta), Mehlvorräte von den Raupen der Mehlmotte befreit werden. Unterschiede des Gewichtes zwischen gesundem und befallenem Saatgut werden weiter bei Anwendung von Windfegen und durch Werfen mit Schaufeln zur Saatgutreinigung benutzt. Bei der Tauchbeize des Getreides ist das Abschöpfen der leichten, auf der Beizflüssigkeit schwimmenden Brandbutten (vgl. S. 303) von großer Bedeutung für den Erfolg der Getreidebeizung. Es ist weiterhin versucht worden, auch von Samenkäfern befallenes oder ausgefressenes Bohnen- und Erbsensaatgut von gesundem mit Hilfe ihres verschiedenen spezifischen Gewichtes durch Tauchen in Wasser oder in Flüssigkeiten von bestimmtem spezifischen Gewicht (Kochsalzlösungen) zu trennen, die Methode hat aber bis jetzt noch nicht zu praktischen Ergebnissen geführt.

---

[1]) Lang: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1. Jahrg., 1921, S. 10.

[2]) Vgl. Hollrung 1923.

d) Maßnahmen zum Fang in Verbindung mit Anlockung

Die vierte Gruppe der mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen sucht der Schädlinge unter Auswertung physiologischer Tatsachen durch Anlockung habhaft zu werden. Durch selbständig wirkende Fangvorrichtungen erleichtert man sich den Fang von versteckt lebenden oder schwer zu fangenden Schädlingen. Bei vielen dieser Fangvorrichtungen nutzt man die verschiedenen Triebe der Schädlinge aus, zur Erlangung der Nahrung geeignete Futterplätze oder als Ruhelager, Winterlager oder Ablage- und Brutaufzuchtsstätten bestimmte Schlupfwinkel aufzusuchen.

Auf den Nahrungstrieb sind die zahllosen Fallen eingestellt, die durch Nahrungsköder die Tiere (Nagetiere, Vögel usw.) anlocken und durch die verschiedensten Fangvorrichtungen die angelockten Tiere festhalten oder töten. Die Mannigfaltigkeit dieser Fallen, von den einfachen Topffallen, bei denen die Mäuse sich in glasierten und bis zum Rand eingegrabenen Töpfen fangen, bis zu den kompliziert gebauten Fangfallen (Zangenfallen, Schlageisen, Zürnersche Wühlmausfalle, Roithsche Bisamrattenfalle, Reusenfallen für Mäuse, Nagetiere, Kaninchen und Sperlinge) ist so groß, daß auf Einzelheiten hier nicht eingegangen werden kann[1]).

Wegen ihrer Eigenartigkeit seien die zum Krähenfang bisweilen benutzten Leimtüten noch erwähnt, kleine Papiertüten, in denen ein Fleischbissen steckt und deren oberer Rand mit Vogelleim bestrichen ist; die Tüten werden bis zum Rande in Schnee gesteckt. Die Krähen stülpen sich beim Herausnehmen der Fleischbissen die Tüte über den Kopf, werden am Sehen gehindert und sollen so leicht gefangen werden können.

Auch Insekten suchte man im Obst- und Weinbau vor der Einführung der Arsenmittel mit Hilfe von Nahrungsködern zu fangen. Die einfachsten derartigen Insektenfallen waren flaschenförmige Gefäße, die mit süßen, gärenden Flüssigkeiten wie Honigwasser, gärenden Obstresten, Bier- und Weinresten, Mischungen aus Melasse und Weinhefe gefüllt wurden und in denen sich fliegende Insekten, insbesondere Wespen, Fliegen und Falter, fingen. Die Methode hatte keinen durchgreifenden Erfolg, da nur ein geringer Teil der Schädlinge gefangen und da außer den Schädlingen auch nützliche Insekten vernichtet wurden[2]).

In allen diesen Fällen sind die Fangköder Hilfsmittel, die die mechanische Bekämpfung erleichtern oder ermöglichen. Werden Köder mit Magengiften versetzt, so haben wir es nicht mit „Fangködern", sondern

---

[1]) Einzelheiten über Fangfallen siehe M. Hollrung 1923; Spezialfabrik für Schädlingsfallen, die auch einen reich illustrierten Katalog versendet, ist u. a. die Firma R. Weber, Haynau i. Schl.

[2]) Fulmek, L.: Fanggläser? Der Obstzüchter, 1912, Nr. 7 und 8.

mit den zur Bekämpfung mit chemischen Mitteln zu rechnenden „Giftködern" zu tun. Die mit Fangködern versehenen Fallen haben vor den Giftködern den Nachteil, daß sie ständig nachgesehen, entleert und erneut fangfertig gemacht werden müssen.

Zur Fangködermethode ist auch die Anwendung von Fangpflanzen und Fangbäumen zu zählen. Bei ihnen sucht man durch Auslegen, Aussäen und Anpflanzen solcher Gewächse, die von den Schädlingen besonders bevorzugt werden, die Schädlinge anzulocken, zu sammeln und mit oder an den Pflanzen zu vernichten. So lassen sich Schnecken mit Möhren, Rüben oder Salat, Drahtwürmer mit Kartoffeln, Möhren oder Rüben anlocken. Im Großversuch gelang es H. Blunck[1]), eine 150 ha große, stark befallene Fläche mit zerschnittenen Kartoffeln innerhalb von 3 Wochen von Drahtwürmern vollständig zu säubern, nach Hollrung (1923) konnten mit Hilfe des Kartoffelköderverfahrens auf einer Fläche von 6250 qm in 6 Lesen rund 123 000 Drahtwürmer eingesammelt und dann noch 147 Ztr. Zuckerrüben pro Morgen erzielt werden. Die Kartoffelstücke werden nach Blunck zweckmäßig mehrere Male hintereinander zur Hauptfraßzeit, d. h. nicht vor April, zur Zeit der Fertigstellung des Ackers für die Saat, in Reihenabständen von 4—5 m und innerhalb der Reihen alle 2 m, 5—10 cm tief in die Erde gebracht, nach einigen Tagen aufgenommen und wieder neu ausgelegt. Die Köderreihen und Köderplätze werden am besten durch eingesteckte Stöcke markiert. Die aufgenommenen und befallenen Kartoffeln können mit den Drahtwürmern abgebrüht und an das Vieh verfüttert werden. Auch durch Zwischensaat von Salat, Hafer oder Rüben lassen sich Drahtwürmer zum Fang anködern. — Die Anlockung von Faltern durch Blüten mit besonderem Nektarreichtum und besonderem Blütenduft hat Veranlassung gegeben, diese Anlockung zum Fang und zur Vernichtung schädlicher Falter zu benutzen; so wurde zum Anlocken von Kohlweißlingsfaltern verschiedentlich der Anbau von Buddlea variabilis, Origanum vulgare (wilder Dost), Lavendula vera (Lavendel) und Betonica officinalis (Heilziest) empfohlen, die angelockten Falter müssen mit Netzen oder flüssigen Arsenködern (vgl. S. 392) vernichtet werden.

Die größte Anwendung hat das Fangpflanzenverfahren zur Bekämpfung der mit anderen Mitteln noch nicht zu erfassenden Nematoden gefunden. Die Anpassung der Nematoden an bestimmte Nährpflanzen wird dazu benutzt, den Acker durch Aussaat von Fangpflanzen derselben Art von den Älchen zu säubern. So werden nach dem alten, schon von Kühn empfohlenen Fangpflanzenverfahren zur Beseitigung der Rüben-

[1]) Blunck, H.: Flugblatt 76 der Biologischen Reichsanstalt.

müdigkeit auf großen Flächen die befallenen Schläge mit mehreren, rasch aufeinanderfolgenden Saaten von Zuckerrüben oder von Sommerrüben bestellt, um die im Boden befindlichen Nematoden in die Wurzeln der Pflanzen einwandern zu lassen und sie noch vor der Erreichung der Geschlechtsreife mit diesen Pflanzen zu vernichten. Die Vernichtung der Fangpflanzen wurde bisher durch Umpflügen und Eggen oder noch besser durch Ausreißen und Verbrennen der Pflanzen durchgeführt. Neuerdings wird als weniger sichere, jedoch billigere Methode die Vernichtung der oberirdischen Pflanzenteile durch Bespritzen mit 30proz. Eisensulfatlösung oder anderen Unkrautmitteln empfohlen, worauf auch die Wurzeln und mit ihnen die eingewanderten, noch nicht geschlechtsreifen Nematoden absterben. Gegen Tylenchus dipsaci werden Fangpflanzensaaten von Buchweizen, Roggen und Klee, gegen Heterodera radicicola solche von Klee und Salat empfohlen. Im allgemeinen ist zur Vernichtung von Nematoden stets die Pflanze als Fangpflanze zu verwenden, die auf dem befallenen Felde am meisten unter Älchen gelitten hatte. Da durch Versuche festgestellt werden konnte, daß die Anlockung der Nematoden auf chemische, von den Pflanzen abgesonderte Reizstoffe zurückzuführen ist, sind von der chemischen Industrie Schritte unternommen worden, die Anlockung auch durch künstliche chemische Reizstoffe durchzuführen (vgl. S. 398).

Das Fangpflanzenverfahren nutzt außer dem Nahrungstrieb auch den Trieb der Eiablage und des damit verbundenen Aufsuchens geeigneter Eiablageplätze aus. Bei den Insekten, die ihre Eier an bestimmte Pflanzen ablegen, kann diese betreffende Pflanzenart zur Zeit der Eiablage in kleinem Umfange angebaut und nach Beendigung der Eiablage, die oft mit dem Ende der Flugzeit zusammenfällt, mit diesen Eiern vernichtet werden. So können gegen Fritfliegen und Getreideblumenfliegen schon im August einige Streifen Roggen ausgesät werden, um den Fliegen die Möglichkeit der Eiablage zu geben. Sind die ausgeschlüpften Fliegenlarven in den jungen Roggenpflanzen aufgefunden, so werden die Fangpflanzen umgepflügt. Auch gegen den Frühjahrsbefall der Rüben durch die Rübenfliege ist empfohlen worden, einen kleinen Teil der Rüben 14 Tage vor der Hauptbestellung zum Abfangen der meisten Eier auszusäen und nach der Eiablage zu vernichten. Zur Bekämpfung der Rübenblattwanze hat es sich nach Dyckerhoff bewährt, die an die Winterquartiere (Buschwälder, Wiesen, Feldraine, Bahndämme usw.) der Rübenblattwanze angrenzenden Rübenreihen als Fangpflanzen zu benutzen und dieselben mit den abgelegten Eiern durch Pflügen, Eggen und Walzen zu vernichten.

Die Methode der Verwendung von Fangbäumen und Fang-

knüppeln stützt sich auf die Eigenart der Borkenkäfer, daß die Muttertiere in erster Linie schon kränkelnde und absterbende Bäume zur Eiablage aufsuchen. Nach ihrem Standort als „Fangbäume" geeignete Bäume werden daher durch einfache oder doppelte Ringelung der Rinde künstlich krank gemacht und oft der Äste beraubt (stehende Fangbäume), oder die Bäume werden als Stangenhölzer oder als stärkere Bäume gefällt und ganz (liegende Fangbäume) oder in Kloben zerschnitten (Fangknüppel, Fangkloben, Fangrinde) den Borkenkäfern zur Eiablage überlassen. Die Fängigkeit der Fangbäume wird durch Schnittwunden oder durch teilweises Entrinden erhöht, da der austretende Harzgeruch die Borkenkäfer (Hylastes, Pissodes, Hylobius) anlockt. Die Fangknüppel verlieren durch Trocknen ihre Fängigkeit. Lage und Alter des Baumes, notwendige Fangbaummenge, Jahreszeit der Anwendung und die örtlichen Verhältnisse müssen für jede Borkenkäferart besonders berücksichtigt werden. Die Fangbäume und Fangkloben bleiben solange liegen, bis der Käfer seine Eiablage beendet hat, dann werden sie nach 2—4 Wochen geschält und die Rinde verbrannt.

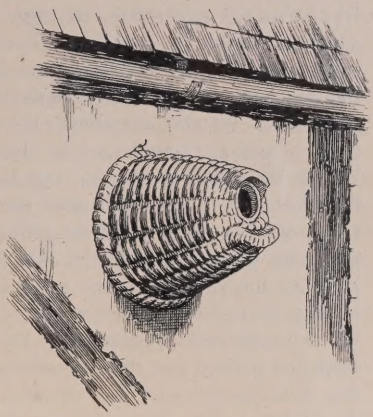


Abb. 7. Tönerne Sperlingsfalle. (Nach M. Schwartz.)

Bei Sperlingen nutzt man den Trieb der Brutaufzucht aus, indem man der Sperlingsplage durch Aufhängen künstlicher Nisthöhlen (sog. Spatzenfallen [1])) abzuhelfen sucht, aus denen später die Brut entfernt wird (Abb. 7).

Auch der einigen Tieren eigene Wandertrieb wurde zur Anlockung und Vernichtung der Schädlinge ausgenutzt. Wandernde Raupenmassen und Gänge und Gräben benutzende Nagetiere werden in steilwandigen Gräben weitergeleitet, in denen die eingefangenen Raupenmassen (Nonne, Forleule, Erdraupen) zertreten, mit Pfählen zerstampft oder mit Petroleum übergossen werden, während die Nager meist in Topffallen gefangen werden. Wenn auch diese Maßnahmen nur eine

[1]) Tönerne Spatzenfallen werden u. a. geliefert von der Tonwarenfabrik Segerhall, Post Neuwedell, Bez. Frankfurt a. O., und von W. Menzel, Holzkirch am Queis, Kr. Lauban i. Schlesien.

örtliche Bedeutung haben, so hat die Ausnutzung des Wandertriebes einen großen Wert bekommen für die Bekämpfung wandernder Heuschreckenlarven. Die flügellosen, in großen Schwärmen auftretenden Heuschreckenlarven werden von Arbeitern, welche mit belaubten Zweigen, Reisigbesen und Knüppeln bewaffnet sind, langsam und unter großem Lärm im Spiral- oder im Kreisverfahren [1]) zusammengetrieben, zertreten oder mit belaubten Zweigen totgeschlagen oder in Gruben oder vorgehaltenen besonderen Fangtüchern („Melhafa" der Araber, „Tschartschaf" der Türken) gesammelt oder in brennendes Feuer oder mit Petroleum überschüttete Wassergräben hineingetrieben. Bei einigermaßen sachgemäßer Anwendung des Verfahrens kann man nach Bücher[1]) und seinem Mitarbeiter Fickendey mindestens 75 Proz. der Larven vernichten; wiederholt man das Verfahren, sobald die Tiere sich wieder gesammelt haben, so gelingt eine praktisch vollständige Ausrottung. — Der Wandertrieb der Heuschrecken wird am vollkommensten bei Anwendung der sog. „cyprischen Wände" ausgenutzt, die im Jahre 1862 auf Cypern erfunden wurden und zur Säuberung der Insel von Heuschrecken führten. Die Wände bestanden im Anfang aus Leinwandstreifen, in neuerer Zeit aus Zinkblechplatten, aus denen quer zur Wanderrichtung des Heuschreckenzuges eine 30 cm hohe, dicht schließende und etwas in die Erde eingelassene Wand errichtet wird, die die Heuschrecken nicht überspringen können. Die Tiere versuchen den Wänden auszuweichen, laufen an ihnen entlang und geraten dabei in die in gewissen Abständen an den Zinkwänden angelegten Fanggruben. Da künstliches Treiben den Wanderzug stört und auflöst und zur Ausbreitung der Heuschrecken führt, läßt man den Heuschreckenschwarm unbeeinflußt marschieren und von selbst in die Gruben laufen. Die Länge der Zinkwände richtet sich nach der Größe der Schwärme. In Argentinien wurde vor einigen Jahren eine Zinkwand von 510 km Länge aufgestellt, und innerhalb von zwei Monaten wurden Tausende von Tonnen Heuschrecken vernichtet. Es ist verschiedentlich versucht worden, die Massen der gefangenen Heuschrecken wirtschaftlich nutzbar zu machen, indem man sie, ähnlich dem Maikäfer, als Dung oder als Mastfutter für Schweine und Hühner benutzte, neuerdings hat man auch aus ihnen ein Öl gewonnen, das zu Brennzwecken oder zum Antrieb von Motoren verwendet werden kann.

Den Trieb vieler Tiere, sich zu gewissen Zeiten in besonders geartete Schlupfwinkel zurückzuziehen oder geeignete Winterlager

---

[1]) Vgl. Bücher, H.: Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monographien zur angewandten Entomologie, 1918, Nr. 3, Beiheft zur Zeitschrift für angewandte Entomologie.

aufzusuchen, nutzt man durch Darbietung künstlicher Unterschlupfe und künstlicher Winterlager aus, in denen die Schädlinge leicht vernichtet werden können. Schnecken, Asseln und Erdraupen fängt man unter ausgelegten, hohlliegenden Brettern, Ziegeln oder großen Blättern, Ohrwürmer in ausgelegten Rohrstengeln oder zwischen dem Geflecht alter Körbe, Maulwurfsgrillen in künstlich angelegten Winterlagern (vergrabene Dunghaufen). Obstbauminsekten, wie Obstmade und Apfelblütenstecher, die sich zur Verpuppung oder zur Überwinterung in Verstecke zurückziehen, bietet man durch Umlegen von Heu-, Stroh- und Wergseilen, alten Lappen, Sackstreifen oder von Fanggürteln um die Stämme geeignete Unterschlupfe, mit denen sie später verbrannt werden. Die aus Wellpappe und einer Außenhülle von wasserdichtem Ölpapier bestehenden Fanggürtel oder Madenfallen werden am oberen Ende mit einem Bindfaden oder Draht fest an den Baumstamm angebunden, während der untere Rand locker bleibt und den Insekten das Unterschlüpfen erleichtert. Die Gürtel werden nach Aussuchen der nützlichen Insekten zur Vernichtung der ansitzenden Schädlinge verbrannt oder in gut schließenden Blechgefäßen einige Zeit im Backofen erhitzt. Da mit den Fanggürteln eine große Menge Schädlinge gefangen und vernichtet werden kann, wird das Anlegen von Fanggürteln den Praktikern im allgemeinen empfohlen. Die wirkliche Abtötungsziffer der Madenfallen ist aber sehr gering; sie beträgt nach H. Lehmann nur 10—12 Proz. des gesamten Obstmadenbefalles; die Madenfallen gehören daher zu den „altbewährten", immer wieder empfohlenen Mitteln, deren Wirksamkeit bedeutend überschätzt wurde und die heute von den modernen, chemischen Bekämpfungsmethoden überholt sind.

e) Maßnahmen zur physikalischen Änderung der Umwelt

In der letzten Gruppe der mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen können wir alle die Maßnahmen zusammenfassen, die durch physikalische Änderung der Umwelt auf die Entziehung der den Schädlingen notwendigen Lebensbedingungen hinzielen.

Die Eingriffe in die Ernährungsverhältnisse der Schädlinge, insbesondere der direkte Nahrungsentzug, stellen die einfachste, auf den Entzug notwendiger Lebensbedingungen hinzielende Bekämpfungsmethode dar, die in den verschiedensten Formen angewandt wird und die teilweise schon unter den Kulturmaßnahmen (vgl. S. 47) als Beseitigung der Zwischenwirte, Überhälterpflanzen und Unkräuter, als Fruchtwechsel und Wahl einer für den Schädling ungünstigen Saatzeit zusammengefaßt sind. Als Beispiel für Nahrungsentzug im großen sei der Schwammspinner angeführt. Der in Europa meist harmlose Schmetterling wurde, wie schon

erwähnt, nach seiner Einschleppung in Nordamerika zum größten Schädling. Um den Schmetterling auf sein Befallgebiet zu beschränken, wurde die Befallzone durch einen 300 Meilen langen und 25 Meilen breiten, von der kanadischen Grenze bis zum Long Island Sound reichenden Absperrgürtel abgeschlossen, in welchem außer den guten Obstsorten alle Bäume, die als Futterpflanzen für den Schädling in Frage kommen, gefällt wurden. Die im Absperrgürtel noch stehengebliebenen Obstbäume konnten leicht mit Fraßgiften vom Schädling freigehalten werden. Der 30jährige Kampf in den Neu-England-Staaten hat nach E. F. Felt[1]) die Anwendungsmöglichkeit der „Barrierzone" gezeigt.

Auch die zur Bekämpfung von Haus- und Hofungeziefer (Küchenschaben, Ratten, Mäuse) empfohlenen Vorbeugungsmaßnahmen (Sauberkeit, Ordnung) sind ebenso wie alle Maßnahmen, die in einer Vergällung oder Vergiftung des Futters bestehen, in weitestem Sinne nichts anderes als Maßnahmen, die auf Entzug geeigneter Nahrung hinauslaufen.

Durch Entzug der lebensnotwendigen Atemluft hat man neuerdings zur Schädlingsbekämpfung geeignete Verfahren gefunden. Der Gedanke der Benutzung des Unterdruckes oder Vakuums lag eigentlich schon nahe, nachdem schon Otto von Guericke bei seinen Untersuchungen über den luftleeren Raum, die ihn im Jahre 1652 zur Erfindung der Luftpumpe brachten, Versuchstiere benutzte, um an ihnen die Wirkung des Vakuums zu erkennen. Größere Versuche, die die Brauchbarkeit des Unterdrucks zur Schädlingsbekämpfung prüften, wurden jedoch erst in neuerer Zeit durchgeführt. Ein während des Weltkrieges in England im großen mit viel Erfolg benutztes Verfahren zur Bekämpfung von Vorrats- und Saatgutschädlingen dürfte als Vorstufe zum Vakuumverfahren angesehen werden. Vor dem Kriege kam für England ein längeres Lagern größerer Getreidebestände kaum in Frage, im Kriege mußten jedoch zur Sicherung der Volksernährung und der Heeresversorgung insbesondere große Weizenvorräte ständig auf Lager gehalten werden. Da geeignete Lagerhäuser in genügender Menge nicht vorhanden waren, war der durch Milben, Kornkäfer, Mehlmotten, Ratten und Mäuse verursachte Schaden anfangs sehr groß, so daß bald einem besonders gebildeten „Grain Pests Committee" die Bearbeitung der Lagerungsfrage übertragen werden mußte. Zur Bekämpfung der Saatgut- und Vorratsschädlinge wurden dann hermetisch dichtschließende Behälter mit Erfolg angewendet. Es zeigte sich, daß bei der Lagerung von befallenem Getreide in solchen Behältern eine durch das Getreide und durch die Insekten bewirkte starke Kohlendioxydanreicherung und Sauerstoffabnahme entstanden, die den Insekten schädlich, für das Getreide innerhalb einer Lagerung von zwei

[1]) Felt, E. F.: Journal of economic Entomology, Vol. 17, 1924, S. 64.

Jahren jedoch nicht keimschädigend waren. Die Menge des vom Getreide abgegebenen Kohlendioxyds hängt von der Lagertemperatur und vom Feuchtigkeitsgehalt des Getreides ab; auch die Eigenart der einzelnen Schädlinge muß bei der Durchführung des Verfahrens berücksichtigt werden[1]). Das Verfahren ist nicht durchgreifend wirksam und kann nur als Notbehelf angesehen werden. Das eigentliche Vakuumverfahren, d. h. die Entseuchung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen und Wirtschaftsvorräten durch Unterdruck, wurde schon vor dem Weltkriege von einigen deutschen Firmen versuchsweise mit großen Vakuumtrockenapparaten angewendet. Es hatte sich bei diesen Versuchen jedoch immer herausgestellt, daß insbesondere wegen der großen Widerstandsfähigkeit der Eier mancher Schädlinge eine vollständige Desinfektion ohne Mitverwendung von Wärme (vgl. S. 101) nicht möglich ist. Neuere, im Jahre 1925 von E. A. Back und R. T. Cotton[2]) in Amerika durchgeführte Versuche scheinen jedoch die Brauchbarkeit des Vakuumverfahrens bei genügend langer Anwendungsdauer zu beweisen. Bei den amerikanischen Versuchen wurden die Versuchsräume mit einer Vakuumpumpe bis zu einem Druck von ungefähr 40 mm „luftleer" gepumpt. Eine automatische Vorrichtung setzte den Motor bei diesem Druck außer Betrieb und ließ ihn selbsttätig wieder sich einsetzen, wenn der Druck erneut auf 140 mm gestiegen war. Die Wirkung des Unterdruckes auf alle Versuchstiere — es wurden die verschiedensten Vorratsschädlinge verwandt — war bei ausreichender Dauer (1—4 Tage) vorzüglich. Sollten sich die amerikanischen Versuchsergebnisse bei späteren Versuchen bestätigen, so dürfte dem Vakuumverfahren auf Grund seiner leichten und im Gegensatz zur Blausäure-Vakuumvergasung (vgl. S. 360) für die menschliche Gesundheit ungefährlichen Anwendungsweise eine große Bedeutung zukommen, und die „Vakuumkammer" oder der nach Art der Autoklaven gebaute „Vakuumkessel" wird sowohl im Pflanzenschutz zur Desinfektion von Setzreben, Stecklingen, zum Versande kommenden Baumschulpfleglingen und Saatgut als auch im Vorratsschutz zur Entwesung von Vorräten aller Art bald zu den notwendigen Einrichtungen zählen.

Die Entziehung des zur Atmung notwendigen Sauerstoffs bezwecken weiterhin ölige und harzhaltige Bekämpfungsmittel (vgl. S. 205), die durch Verstopfung der Stigmen ein Ersticken der Insekten bewirken. Weiter wurde der Luftentzug in größerem Ausmaße auch durch Unterwassersetzen von Wiesen und Feldern gegen Bodenschädlinge angewandt. Das Unterwassersetzen ist nur bei Böden durchzuführen,

[1]) Vgl. Wardle und Buckle, Principles of Insect Control, 1923, S. 202.

[2]) Back, E. A., und Cotton, R. T.: Journal of agriculture Research, Vol. 31, 1925, Nr. 11.

die das Wasser aufnehmen und einen ziemlich wasserundurchlässigen Untergrund haben. In den in der Ebene liegenden Weinanlagen Frankreichs hat das Überfluten als „Submersionsverfahren" seit 1868 zur Bekämpfung der Reblaus Eingang gefunden. Die Weinernte soll nach Faucon[1]), dem Begründer des Submersionsverfahrens, in einer von Reblaus stark heimgesuchten Anlage von 35 hl im Jahre 1869 durch jährlich wiederholtes Überfluten in den folgenden sechs Jahren auf 120 hl, 450 hl, 829 hl, 736 hl, 1135 hl bzw. 26 180 hl gestiegen sein. Das Submersionsverfahren, das zweckmäßig im Herbst nach der Weinernte durchzuführen ist, wird während des Oktobers in Südfrankreich bis zu 16 Tagen, in Zentralfrankreich bis zu 30 Tagen Dauer angewendet; in Nordfrankreich ist das Verfahren nicht durchführbar, weil der Frost die überfluteten Weinanlagen zu stark schädigen würde. Auch wiederholte Sommerbehandlungen von kurzer 48stündiger Dauer haben sich zur Reblausbekämpfung in Frankreich als wirksam erwiesen, ohne die Rebstöcke selbst zu schädigen. In Ungarn ist das Submersionsverfahren seit 1888 auch gegen Maikäfer-Engerlinge verwandt worden, wobei sich ein 8tägiges Überfluten als ausreichend erwiesen hatte[2]).

Der Entzug der Eiablage- und Brutstätten wird zur Bekämpfung der Fichtenborkenkäfer durch Fällen und Entrinden der von den Käfern am meisten bedrohten, schwächlichen und kränkelnden Bäume erstrebt. Auch die oben schon erwähnten „Kohlkragen" hindern die Kohlfliege daran, an den Wurzeln der Kohlpflänzchen ihre Eier abzulegen. Durch Bedecken oder Eingraben des frischen Stallmistes wird den Schädlingen die Gelegenheit einer günstigen Eiablage entzogen. Einen originellen Vorschlag zur Verhinderung normaler Brutentwicklung macht v. Berlepsch, indem er empfiehlt, die Weibchen des Haussperlings wegzuschießen, damit die in möglichst großer Überzahl auftretenden Männchen dann die übriggebliebenen Weibchen ständig verfolgen, in ihrem Brutgeschäft stören und so die Vermehrung verhindern.

Die Schaffung ungünstiger Feuchtigkeitsbedingungen kann je nach der Vorliebe der Schädlinge für bestimmte Feuchtigkeitsgrade durch starkes Gießen (Spinnmilben) oder Bewässern (Engerlinge) oder Wasserentzug und Dränage (Tipulalarven) erreicht werden. Gutes Einmieten der Kartoffeln (Durchlüftungskanäle) hält die Kartoffelknollen gesund, während bei schlechtem Einmieten durch zu geringe Durchlüftung und den damit zusammenhängenden hohen Feuch-

[1]) Vgl. Bourcart, E.: Insecticides, Fungicides and Weedkillers, London 1913.

[2]) Luftabschluß wird auch angewandt bei Bekämpfung des Holzwurmes durch Einreiben der Möbel mit Öl, Tran oder Petroleum und durch dreitägiges Einlegen befallener Korbmöbel in Wasser.

tigkeitsgrad bis zu 75 Proz. der Kartoffeln durch pilzliche Erkrankungen unbrauchbar werden können.

Durch Umgraben und Pflügen sollen einerseits tiefliegende Puppen und sonstige Bodenschädlinge (Drahtwürmer) nach oben geschafft und der ihnen ungünstigen Sonnenbestrahlung und Austrocknung, dem Frost oder der Vernichtung durch insektenfressende Vögel ausgesetzt, andererseits sollen die in den oberen Erdschichten ruhenden Puppen in ungünstige, das Schlüpfen unmöglich machende Tiefen verlagert werden [1]). Diese alte und bis vor kurzem als allgemein gültig anerkannte Regel ist durch H. Bremer [2]) erschüttert worden, der zeigte, daß man durch Pflügen den größten Teil der Schädlinge nicht in die gewünschten Tiefen bringen kann, daß vielmehr eine ziemlich gleichmäßige Verteilung innerhalb der vom Pfluge bewegten Erdschicht eintritt. Nach Bremer ist es wahrscheinlich, daß man durch tiefes Wenden des Bodens vielleicht tätige, kaum aber ruhende Insekten wird vernichten können.

2. Anwendung von Wärme und Kälte

Wärme wird im Pflanzenschutz als offenes Feuer, trockene Hitze oder in der Form von heißem Wasser zur Bekämpfung tierischer und pflanzlicher Schädlinge und zur Verhütung von Frostschäden angewandt und ist auch im Vorratsschutz für die Desinfektion von Vorräten aller Art von großer Bedeutung. Ihre Wirkung auf die Schädlinge beruht auf der Abtötung der einzelnen Zellen durch Koagulation des lebenden Eiweiß. Die verschiedene Empfindlichkeit der einzelnen Lebewesen gegen Wärme und die im allgemeinen größere Empfindlichkeit der Tiere im Vergleich zu den Pflanzen ermöglichen es in vielen Fällen, die den Pflanzen oder einzelnen Pflanzenteilen anhaftenden Schädlinge durch bestimmte Wärmegrade abzutöten, bei denen die Pflanzen noch nicht geschädigt werden. Je nach dem Aufenthaltsort der Schädlinge ist die Anwendungsweise verschieden; man kann daher unterscheiden: die Anwendung der Wärme gegen Schädlinge an Pflanzen, gegen Schädlinge im Boden, gegen Schädlinge an Saatgut und Schädlinge an Stecklingen, Zwiebeln und Knollen.

Die Verwendung der Wärme gegen Schädlinge an Pflanzen ist dem deutschen Praktiker am bekanntesten in der Form der Raupenfackeln, einfache Vorrichtungen, die durch Umwickeln eines Stangenendes mit Werg und Durchtränken des Wergballens mit Petroleum leicht selbst herzustellen, aber auch in kleinen, auf Stangen aufzusetzen-

[1]) Ähnlich wirkt das Umschichten des Stallmistes zur Vernichtung der in ihm lebenden Fliegenbrut.

[2]) Bremer, H.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1925, S. 91.

den und mit einem Docht versehenen Ölbehältern im Handel sind. Die Raupenfackeln dienen zur Vernichtung der in Gespinsten und Nestern zusammenlebenden Raupen der Gespinstmotten, des Ringelspinners, Goldafters und Baumweißlings. Das Verfahren wird heute nur selten angewandt, da es oft zu Beschädigungen der belaubten Bäume führt, und da die Gespinste mancher Raupen eine große Feuerwiderstandsfähigkeit zeigen, so daß die Raupen in den dichten Gespinsten leicht am Leben bleiben oder sich bei Annäherung der Fackel zu Boden fallen lassen und entwischen können; Ausschneiden der Raupennester mit dem Messer oder Anwendung geeigneter chemischer Mittel zur Abtötung der Raupen sind heute bessere und bekanntere Mittel und Maßnahmen.

Die Verwendung des offenen Feuers im größeren Ausmaß wurde von der Österreichischen Bundesanstalt für Pflanzenschutz zur Bekämpfung der Wiesenzünslerraupen (Phlyctaenodes sticticalis) empfohlen, wobei Stroh in ausreichender Menge locker auf die Rübenpflanzen verstreut und abgebrannt wird. Da mit zunehmender Strohmenge die Wirkung auf die Raupen günstiger, die Schädigung der Rübenpflanzen aber auch größer wird, kann das Verfahren nicht allgemein empfohlen werden. Die Verwendung des Feuers im großen findet man heute auch nur noch in Ländern, in denen Stroh, Holz und sonstige Brennmaterialien ziemlich wertlos sind. Es werden dort Feldstücke, die von Wanderheuschreckenlarven („Hüpfer") oder anderen Schädlingen stark heimgesucht werden, mit Stroh und Holz bedeckt und dann angezündet. Als zu kostspielig hat es sich gezeigt, die befallenen Felder mit Petroleum oder Benzin zu begießen und dann anzuzünden; das Verfahren hat aber die erste Anregung dazu gegeben, Flammenwerfer in die Praxis der Schädlingsbekämpfung einzuführen. Bücher[1]) beschreibt eine einfache Vorrichtung, um jede Pflanzenschutzspritze (vgl. S. 176) in einen Flammenwerfer umzuwandeln. Die statt mit Gummiteilen mit Lederringen versehene Spritze wird mit Petroleum gefüllt. Auf die weitgebohrte Spritzdüse wird ein mit Asbest umsponnener, 7—8 cm langer Drahtkorb und ein 25 bis 30 cm langer und 15 cm breiter Kupfertrichter so befestigt, daß das austretende Petroleum den Asbestdrahtkorb passieren muß und der Trichter den die Spritze bedienenden Mann schützt. Nach Anzünden des mit Petroleum getränkten Asbestdrahtkorbes erhitzen sich Trichter und Verteilungsrohr so stark, daß das ausgetriebene Petroleum beim Passieren des Drahtkorbes sich entzündet und je nach Druck als 2 bis 5 m lange Flamme vorschießt. Die Flamme kann jederzeit unterbrochen und, solange der Drahtkorb heiß ist, jederzeit wieder in Gang gesetzt werden.

[1]) Vgl. Bücher: Monographie zur angewandten Entomologie, Nr. 3, 1918 (Beiheft zur Zeitschrift für angewandte Entomologie).

Der Apparat hat sich nach Bücher zur Heuschreckenbekämpfung gut bewährt und wird auch in ähnlicher Form von der Firma C. Platz, Ludwigshafen, hergestellt (Abb. 8). Auch in den Vereinigten Staaten von Amerika wurden Flammenwerfer wiederholt zur Schädlingsbekämpfung (z. B. zur Schneckenbekämpfung) mit Erfolg benutzt. Weniger zufrieden war man in Frankreich mit der Anwendung von Flammenwerfern gegen den Koloradokäfer, da bei großen Apparaten der Strahl nicht sorgfältig genug dirigiert werden konnte, und die Käfer, wenn sie nicht direkt getroffen wurden, sich fallen lassen und auf dem Boden der Vernichtung entgehen konnten.

Ursprünglich wurde auch trockene Hitze zur Behandlung von Baumschulpfleglingen, die in unbelaubtem Zustand zum Versand kommen,

Abb. 8. Flammenwerfer. (Platz.)

verwendet, indem die Bäume und Sträucher in geschlossenen Räumen eine Zeitlang einer bestimmten Temperatur ausgesetzt wurden. Die Methode, die insbesondere bei der Einfuhr ausländischer Baumschulpfleglinge zur Verhinderung der Einschleppung fremder Schädlinge in den Einfuhrhäfen durchgeführt wurde, ist heute durch das bessere und einfachere Vergasungsverfahren (vgl. S. 342 und 360) ersetzt.

Da die Blätter der Pflanzen im allgemeinen durch heißes Wasser von 77—85° C bei kurzer Einwirkungsdauer nicht geschädigt werden, lassen sich Insekten und Mehltaupilze, die eine größere Empfindlichkeit gegen höhere Wärmegrade zeigen, durch Spritzungen mit heißem Wasser vernichten. So gelang es Bourcart, sowohl Rosenmehltau (Sphaerotheca pannosa), Rebenmehltau (Uncinula americana) und Hopfenmehltau (Sphaerotheca castagnei) als auch Blattkäfer, Raupen des Kohlweißlings und des Traubenwicklers, Blattläuse an Kohl, Schildläuse und Spinn-

milben durch Spritzungen mit heißem Wasser zu bekämpfen. Die Temperatur des Wassers schwankte bei der Bekämpfung von Raupen und Blattwanzen zwischen 55 und 65° C. Als sehr gute Bekämpfungsmethode hat sich in Frankreich das Abbrühen der Rebstöcke im Winter in kochendem Wasser zur Bekämpfung der zwischen der Borke überwinternden tierischen Schädlinge und mancher pilzlicher Schädlinge, Moose und Flechten bewährt, eine Methode, die schon 1828 von Weinbauern an der Saone und Loire erfunden und angewendet wurde. Das Verfahren wurde durch transportable Öfen, in denen stets Wasser von 100° C bereit gehalten wurde, und durch Kaffeekannen ähnliche Töpfe ermöglicht, aus denen das kochende Wasser an den Rebstöcken heruntergezogen wurde. In größeren Weinbergen wurden auch Spritzapparate zur Verteilung des Wassers benutzt. Zur Abtötung der in dichten Gespinsten liegenden Puppen ist es nötig, daß das Wasser bei einer Temperatur von mindestens 80° C alle Stellen des Stockes benetzt. Es wird nach Bourcart im allgemeinen 1 Liter heißes Wasser je Rebstock gebraucht und 2 Arbeiter, von denen der eine den Ofen heizt, der andere die Behandlung der Rebstöcke durchführt, können in einem Tage 1500 bis 2000 Rebstöcke behandeln. Die Methode hat trotz ihrer Wirksamkeit infolge ihrer Umständlichkeit keine größere Bedeutung erhalten.

Oberirdische Teile von Topfpflanzen können auch durch Eintauchen in warmes Wasser von Schädlingen gesäubert werden. Zur Bekämpfung der in den Blättern der Farne, Begonien und Gloxinien lebenden Nematoden (Aphelenchus olesistus) empfiehlt Marcinowski[1]) Bäder von 5 Minuten Dauer in Wasser von 50° C. Während die Pflanzen nur wenig leiden, werden die Nematoden durch diese Warmwasserbehandlung abgetötet. Nach M. Schwartz[2]) können aus wertvollen Topfpflanzen die Blattnematoden durch Warmwasserbäder von 18 bis 20° C ausgetrieben werden, wenn die Bäder während einer Woche täglich eine Stunde lang durchgeführt werden.

Die Verwendung von Wärme gegen Bodenschädlinge kann in einfachster Weise als „Bodenbrennen" durchgeführt werden, indem Holz, Stroh und andere Brennstoffe über die zu behandelnden Flächen ausgebreitet und abgebrannt werden. Nach E. Vogt[3]) werden in den waldreichen Gebieten Nord- und Mittelamerikas zum Bodenbrennen auf die Bodenfläche lange Stangenhölzer gelegt, die an ihren Enden mit Holz und Reisig überschichtet werden. Die angezündeten und abbrennenden

[1]) Marcinowski: Arbeiten aus der Kaiserl. Biologischen Anstalt, 1909, Bd. 7.
[2]) Schwartz, M.: Arbeiten aus der Kaiserl. Biologischen Anstalt, 1911, Bd. 8.
[3]) Vogt, E.: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., 1924, Bd. 61.

Reisighaufen werden dann mit Hilfe der Stangenhölzer langsam über die zu behandelnde Fläche gezogen. Das Bodenbrennen ist in seiner Wirkung nicht zuverlässig, da die Erhitzung des Bodens höchst ungleichmäßig und die Tiefenwirkung der Hitze nur sehr gering ist, außerdem kommt es nur für holzreiche Länder in Betracht. — In Gegenden, in denen Ernterückstände wenig Wert haben und die Stoppeln lang stehen bleiben, werden durch das „Stoppelbrennen" viele Schädlinge vernichtet. Auch für deutsche Verhältnisse wird nach starkem Tripsbefall und zur Bekämpfung anderer im oder am Boden befindlicher Insekten das Abbrennen der Felder, Raine und Wegränder empfohlen.

Eine künstliche Hitzeerzeugung hat man in der Forstwirtschaft wiederholt angewandt, indem man Waldstreu zu größeren Haufen zusammenharkte, stark mit Ätzkalk mischte und anfeuchtete, um durch die beim Löschen des gebrannten Kalkes freiwerdende Wärme die in der Streu befindlichen Schädlinge zu vernichten. Da die Erhitzung nicht einheitlich ist und auch die zur Abtötung der Puppen notwendige Temperatur nicht in allen Schichten des Streuhaufens erreicht wird, ist das Verfahren nicht durchgreifend wirksam, obgleich schon durch ein einfaches Aufsetzen der Streu in großen Haufen gute Erfolge erzielt werden. Wegen der großen Arbeitskosten ist das Verfahren in Großbetrieben undurchführbar. (Vgl. S. 287.)

Eine wirksamere und gleichmäßigere Erhitzung des Bodens wird durch besondere Heizapparate erreicht. Durch Erhitzen in eisernen Pfannen kann Erde aus Gewächshäusern und Anzuchtbeeten von pilzlichen und tierischen Schädlingen (Nematoden) befreit werden. Auch im Feldbetrieb hat man in Amerika versucht, die oberen Erdschichten der von Bodenschädlingen verseuchten Flächen abzutragen und in besonderen Öfen eine bestimmte Zeitdauer zu erhitzen. Derartige Öfen wurden später auch als fahrbare Heizöfen mit großen, dicht über dem Boden befindlichen Heizflächen benutzt, die gleichzeitig die auf die Heizfläche gebrachten Erdmassen und die unter der Heizfläche liegende Bodenfläche erhitzten. Hohe Wärmegrade hat man auch mit Hilfe von heißem Wasser in den Boden bringen wollen. Die Mengen heißen Wassers, die zur ausreichenden Erhitzung größerer Bodenschichten gebraucht werden, sind aber so groß, daß das Verfahren praktisch nicht durchführbar ist; auch nehmen schwere tonige Böden diese großen Wassermengen in kurzer Zeit nicht auf. Gute Erfolge aber hat man in Amerika und in Holland durch Verwendung von heißem Wasserdampf zur Bodendesinfektion[1]) erreicht, indem man durch Wasserdampf erhitzte „Dampf-

[1]) Vgl. Vogt, E.: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., 1924, Bd. 61.

pfannen" über die zu behandelnden Feldflächen schleifte, oder indem große flache Blechpfannen als „Stürzpfannen" (inverted pan) mit der Öffnung nach unten dem Boden aufgesetzt werden, unter die dann überhitzter Wasserdampf zur Erhitzung der von der Wand überdeckten Bodenschichten eingetrieben wird. Die Erhitzung des Bodens geht um so tiefer, je höher der Druck ist, mit dem der Dampf in die Stürzpfannen und damit auch in den Boden eingepreßt wird. Auch das Einpressen von überhitztem Wasserdampf durch besondere, in der Erde liegende oder in die Erde reichende Rohrsysteme ist in Gewächshäusern und in Saat- und Anzuchtbeeten versucht worden, indem bei Gewächshäusern der Dampf unter rostartigen Sperrgittern in die Gewächshauserde ein- und weitergeleitet wird, oder indem ein verzweigtes, mit Austrittsöffnungen für den Dampf versehenes Rohrsystem in bestimmter Tiefe der Gewächshauserde für kurze Zeit eingegraben oder ständig eingebaut wird. Im Freiland, in Saatzucht- und Anzuchtbeeten hat man auch Rohrrahmen benutzt, an denen kurze, an den Enden mit seitlicher Öffnung versehene, nach Art der Zinken einer Egge gestellte Rohrstücke ansitzen; diese Rohrstücke werden in den Boden gedrückt und lassen den überhitzten Dampf gleichzeitig an vielen Stellen in einer bestimmten Tiefe des Bodens austreten.

Wenn auch Hitze immer nur bei unbestellten Böden angewandt wird, die Wirkung der Hitze auf das Pflanzenwachstum also nicht berücksichtigt zu werden braucht, so muß doch außer der Abtötung der zu bekämpfenden Bodenschädlinge auch die Einwirkung der Hitze auf die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens und auf die für den Stoffumsatz im Boden wichtigen Mikroorganismen in Betracht gezogen werden. Durch Erhitzen des Bodens ist ebenso, wie durch Anwendung bestimmter chemischer Bodendesinfektionsmittel eine starke Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit zu erreichen, die als Ertragssteigerungen oft bis zu 300 Proz. deutlich wird. Die Ursachen für diese Bodenveränderungen, auf die beim Schwefelkohlenstoff (vgl. S. 340) näher eingegangen wird, sind in erster Linie biologischer Natur.

Die Verwendung der Wärme zur Desinfektion von Saatgut wird in südlichen Ländern am einfachsten mit Hilfe der Sonnenhitze durchgeführt, wie man es z. B. im Sudan zur Behandlung des Baumwollsaatgutes findet. Man setzt zu diesem Zweck das in dünner Schicht am Boden ausgebreitete Saatgut der Sonnenbestrahlung aus. Bei einer Hitze von 50 bis 65° C genügen ein bis drei Stunden zur Abtötung des in den Baumwollkapseln sitzenden roten Kapselwurmes. In Gegenden, in denen der Boden nicht sehr heiß ist, wird das Saatgut auch auf zementierten Tennen oder auf Wellblech ausgebreitet.

Trockenes Saatgut ist gegen Hitze ziemlich widerstandsfähig; nach Hollrung kann trockenes Getreidesaatgut im allgemeinen eine einstündige Erhitzung auf 60° C, nach Bourcart sogar eine Erhitzung bis auf 100° C ohne Keimschädigung ertragen. Es ist daher verständlich, daß man nicht nur bei primitiven Volksstämmen, wie den Fellachen, sondern auch bei höherstehenden Völkern das offene Feuer zur Saatgutdesinfektion benutzt hat. So bekämpfen die Landwirte in Ostböhmen und Mähren seit alters her den Hirsebrand, indem sie das Hirsesaatgut durch die breite Flamme eines brennenden Strohwisches hindurchschütten oder das Saatgut auf einem Sieb über offenem Feuer rühren oder in einem Faß Stroh anzünden und langsam das Saatgut hineinschütten, wobei die Keimkraft des Saatgutes nicht leiden soll.

Größere Verbreitung hat die Verwendung der trockenen Hitze zur Saatgutbehandlung unter Vermeidung des offenen Feuers gefunden, indem die Sämereien in Metallgefäßen, Heiztrommeln, Heizschränken, Backöfen oder besonderen Heizkammern auf bestimmte Wärmegrade gebracht werden. Auch bei dieser Verwendung der trockenen Hitze muß auf möglichst trockenes Saatgut Wert gelegt werden, da Sämereien die Behandlung mit Hitze um so besser überstehen, je geringer ihr Feuchtigkeitsgehalt ist. Die zur Saatgutdesinfektion notwendige Temperaturhöhe und die Länge der Behandlung hängen also sowohl von der Wärmeempfindlichkeit der Schädlinge wie auch von der Empfindlichkeit, dem Feuchtigkeitsgrad und der allgemeinen Lagertemperatur des Saatgutes ab. Tierische Schädlinge sterben meist durch einstündiges Erhitzen auf 50 bis 60° C, im allgemeinen genügt es, zur Abtötung aller Schädlinge die Sämereien drei Stunden lang einer Temperatur von 52° C auszusetzen. Die Wärme ist besonders bei denjenigen tierischen Schädlingen am Platze, die gegen Blausäure sehr widerstandsfähig und daher mit Blausäure nicht zu bekämpfen sind (Tribolium tenebrioides und Silvanus surinamensis). Außer gegen unsere bekannten tierischen Saatgut- und Vorratsschädlinge (Korn-, Brot-, Erbsen-, Reiskäfer, Mehlmotte) wird die Hitze auch in größerem Ausmaße in Ägypten und in den Vereinigten Staaten von Amerika gegen den roten Kapselwurm (Pink bollworm, Platyedra [Gelechia] gossypiella) der Baumwolle angewendet. Zur Desinfektion der Baumwollsaat sind verschiedenartige Heizvorrichtungen gebaut worden. Ursprünglich bestanden die Apparate aus zwei ineinander gesetzten, schräg stehenden Zylindern, von denen der äußere mit in einem Ofen erzeugter heißer Luft versehen und in seiner Temperatur auf 57 bis 62° C gehalten wurde; der innere Zylinder nahm das Saatgut auf, das durch Drehen des schrägstehenden Innenzylinders langsam gehoben, während dieser Zeit desinfiziert wurde und dann entseucht herausfiel.

Später wurde bei den Apparaten heißer Wasserdampf in Heizschlangen durch die Heiztrommel geleitet; das Baumwollsaatgut wurde von oben eingefüllt, mittels einer Welle langsam durchgeführt und unten wieder abgegeben. Als „Ministry of Agriculture Hot Air Maschine" ist in Amerika auch eine isolierte Eisenkammer in Gebrauch, die von einem Ofen aus mit heißer Luft versorgt wird und in welcher das Getreide auf vier kontinuierlich laufenden, breiten Transportbändern kreuz und quer durch den erhitzten Raum geführt und vom letzten Band aus der Kammer in Säcke entleert wird. Weitere Maschinen bringen das Getreide mit erhitzten Metallflächen direkt in Berührung. Heute werden zur Desinfektion der Baumwollsaat vielfach elektrisch geheizte Heißluftapparate benutzt, bei denen das Saatgut auf rostartig durchlöcherten Metallflächen dünn ausgelegt wird, wobei zwischen den Rosten sich genügend Raum für die durchstreichende, heiße Luft befindet. Auch einfache, auf 40—45° C eingestellte Getreidetrocknungsapparate können, falls eine Einstellung auf 50—60° C möglich ist, zur Saatgutdesinfektion verwendet werden.

Ein eigenartiges, trockene Wärme ausnutzendes Verfahren empfiehlt Rörig[1]) zur Bekämpfung des Erbsenkäfers (Bruchus pisi), nach welchem das bis zum Februar kalt lagernde Erbsensaatgut im Februar in einem auf 20—22° C erwärmten Raum ausgebreitet wird, wobei durch die so geschaffene, künstliche Frühlingswärme die Käfer zum Verlassen der Erbsen veranlaßt werden. Die sich an den Fenstern sammelnden Käfer werden vernichtet, und das Saatgut wird durch Sieben käferrein gemacht.

Gegen pilzliche Krankheitserreger ist trockene Hitze gleichfalls angewandt worden; so konnte nach Schitikova[2]) Weizenflugbrandbefall durch 24stündiges Erhitzen des Saatgutes auf 60° C von 0,71 Proz. auf 0,21 Proz., durch 48stündiges Erhitzen auf 60° C weiter auf 0,09 Proz. herabgedrückt werden, ohne daß Keimschädigungen eintraten. Erhitzen des Weizens im Backofen war nach Hollrung früher ein beliebtes Mittel zur Brandbekämpfung. Auch zur Bekämpfung anderer Getreidekrankheiten, der Phytophthorafäule der Kartoffel und des Wurzelbrandes der Rüben ist trockene Hitze versuchsweise benutzt worden. In den meisten Fällen liegt die Schädigungstemperatur für die Pilze sehr nahe bei den für die Wirtspflanze schädlichen Wärmegraden, oft sogar sind die pilzlichen Dauersporen viel hitzebeständiger als das ruhende Samenkorn. So soll nach Schindler[3]) zur völligen Abtötung von Stein-

[1]) Rörig, G.: Flugblatt 57 der Biologischen Reichsanstalt.
[2]) Schitikova: Internationaler Phytopathischer Kongreß, Holland 1923, S. 272.
[3]) Schindler, zit. nach Hollrung 1923.

brandsporen eine im Verlauf von 2 Stunden bis auf 95° C gesteigerte Temperatur nicht ausreichend sein. Trockene Hitze hat sich daher zur Bekämpfung von pilzlichen Krankheitserregern als praktisch schwer durchführbar, oft sogar als unbrauchbar erwiesen. Eine um so größere Bedeutung aber hat die feuchte Hitze für die Bekämpfung bestimmter pilzlicher Krankheitserreger gefunden.

Feuchte Hitze als Saatgutdesinfektionsmittel kommt unter Verwendung von heißem Wasser in erster Linie als „Heißwasserbehandlung" zur Bekämpfung einiger Getreidekrankheiten in Frage. Wie schon oben gezeigt wurde (vgl. S. 13), befallen die verschiedenen Brandpilze (Ustilagineen) das Getreide entweder im Keimlingsstadium (Keimlingsinfektionen: Weizensteinbrand, Gerstenhartbrand, Roggenstengelbrand, Haferflugbrand und Streifenkrankheit der Gerste) oder zur Zeit der Blüte (Blüteninfektionen: Weizen- und Gerstenflugbrand). Bei den Pilzen mit Keimlingsinfektionen sitzen die Pilzsporen den Getreidekörnern mehr oder weniger oberflächlich an; sie können daher leicht mit chemischen Mitteln bekämpft werden (vgl. S. 301). Bei den Pilzen mit Blüteninfektion dagegen befinden sich die zur Zeit der Blüte in den Fruchtknoten eingedrungenen Pilze später als Dauermyzel im Samenkorn; eine Behandlung des Saatgutes mit chemischen Mitteln ist daher zwecklos. Für letztere hat sich die Heißwasserbehandlung als die einzig wirksame Bekämpfungsmethode erwiesen. Sie benutzt die verschiedene Temperaturempfindlichkeit des Pilzes und des Getreidekorns, um den Pilz bei einer Temperatur abzutöten, bei welcher das Saatgut noch nicht geschädigt wird. Einen umfassenden Überblick über die Entwicklung des Heißwasserverfahrens von der primitiven Anwendungsweise bis zur heutigen maschinellen Betriebsform geben E. Tamm und B. Husfeld[1]).

Solange die Biologie der Flugbrandpilze noch unbekannt war, konnte an eine exakte, wissenschaftlich begründete Bekämpfung nicht gedacht werden. Trotzdem war man schon vor der Klärung dieser wissenschaftlichen Fragen auf rein empirischem Wege auf die Möglichkeit der Bekämpfung der Brandkrankheiten durch Wärme aufmerksam geworden. Als erstem gelang es 1887 Jensen, ein Heißwasserverfahren, allerdings noch mit unsicherem Erfolge, durchzuführen. Jensen ließ dem Saatgut zuerst eine Vorbehandlung durch 4 Stunden langes Quellen in kaltem Wasser, dann eine Hauptbehandlung durch 5 Minuten langes Eintauchen in Wasser von 52,5° C zuteil werden. Da das Verfahren in der Praxis keinen Anklang fand, glaubte selbst Jensen später nicht mehr an die

[1]) Tamm, E., und Husfeld, B.: Pflanzenbau, 2. Jahrg., 1925/26, Nr. 13 u. 14.

praktische Brauchbarkeit seines Verfahrens, das er für zu umständlich hielt. Bei der Nachprüfung des Heißwasserverfahrens durch andere Forscher traten auf Grund der voneinander abweichenden und oft nicht vorteilhaften Anwendungsweisen sich sehr widersprechende Ergebnisse zutage, so daß auf Grund der negativen Kontrollversuche schließlich von Kühn[1]) vor dem Gebrauch der Heißwasserbehandlung gewarnt und das Verfahren längere Zeit wenig beachtet wurde. Immerhin wurde in einzelnen Saatzuchtbetrieben die Methode so weit entwickelt, daß flugbrandfreies Getreide an die Praktiker geliefert werden konnte. Die Heißwasserbehandlung gestaltete sich um 1900 wie folgt: In ein mit Hilfe von Dampf auf 45—50° C erhitztes Wasserbad wurde das in Körben befindliche Saatgut so lange eingetaucht, bis es auch diese Temperatur angenommen hatte. Aus dem Vorwärmebehälter wurde es dann in den mit Wasser von 52° C gefüllten Beizbehälter 10 Minuten lang eingetaucht und durch wiederholtes Ein- und Ausheben der Körbe völlig mit Wasser durchtränkt. Durch ständige Kontrolle des Thermometers mußte die Temperatur des Wassers beobachtet und nötigenfalls mit Hilfe des Dampfes auf 52° C gehalten werden. Nach der Behandlung wurde das Getreide zur Verhinderung der Hitzenachwirkung durch kaltes Wasser abgeschreckt und dann getrocknet.

Die Beschaffung des heißen Wassers, die gleichmäßige Erwärmung aller Saatgutschichten und die Konstanthaltung der Temperatur auf 52° C machte diese primitive Methode sehr umständlich und brachte zu leicht bei Temperaturüberschreitungen Keimschädigungen des Saatgutes oder bei zu geringen Temperaturgraden eine unvollständige Abtötung der Pilze mit sich. So kam es, daß das Heißwasserverfahren, das eine Zeitlang sowohl gegen Brandpilze mit Blüteninfektion als auch gegen solche mit Keimlingsinfektion empfohlen wurde, nur in größeren Betrieben zur Anwendung kam, die über Dampfkesselanlagen und ein eingearbeitetes, zuverlässiges Personal verfügten. Besonders waren dazu die Verhältnisse in Dänemark geeignet, wo die Saatgutbehandlung gemeinsam in Genossenschaften durchgeführt wurde und wo die Genossenschaftsmolkereien die geeigneten Anlagen dazu boten.

Die Mangelhaftigkeit der Heißwasserbehandlung lag nicht zuletzt an der Umständlichkeit der äußerst primitiven Methode, nach der das in Körben gefüllte Getreide in die einzelnen Bottiche eingetaucht wurde; es lag nahe, nach exakter arbeitenden Apparaten zu suchen. So kam 1905 der Heißwasserapparat des Grafen Arnim-Schagenthin, bei dem das zu behandelnde Getreide zwangsläufig zwischen zwei auf Rollen

[1]) Kühn, J.: Deutsche landwirtschaftliche Presse, 1889, S. 199.

angeordneten Tüchern mit Hilfe einer die Anlage betreibenden Kraftmaschine durch einen langgestreckten, von der einen Seite her mit heißem Wasser gespeisten Wasserbehälter so hindurchgeführt wurde, daß das Saatgut zuerst einige Zeit in den weniger warmen Wasserschichten sich befand und auf dem Förderband allmählich in die warmen Wasserschichten gebracht wurde. Der Gang der Maschine wurde so eingestellt, daß das Saatgut die vorschriftsmäßige Zeit in dem heißen Wasser sich befand. Die Erwärmung geschah durch Dampf, der aus mehreren Düsen im letzten Drittel des länglichen Beizapparates ausströmte. Das mit dem Förderband aus dem Wasser austretende Getreide wurde durch kaltes Wasser abgespült und gleichzeitig abgeschreckt. Die Vorteile des Apparates bestanden in der kontinuierlichen, maschinellen und daher in der Leistung gesteigerten Arbeitsweise, bei welcher das Saatgut langsam einem immer wärmer werdenden Wasserstrom entgegengeführt wurde; als Nachteile aber zeigte der Apparat die Unmöglichkeit, Temperatur und Behandlungsdauer in der gewünschten Höhe zu halten.

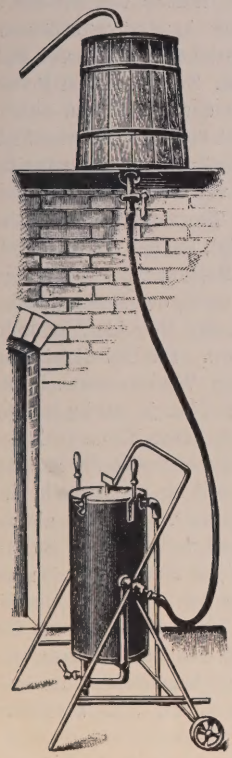


Abb. 9. Appel-Gaßnerscher Beizapparat.

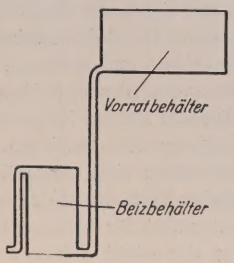


Abb. 10. Schema des Appel-Gaßnerschen Beizapparates. (Nach E. Riehm.)

Einen anderen Weg beschritten Appel und Gaßner[1]), indem sie das Getreide von heißem Wasser durchströmen ließen. Der nach diesem Durchströmungsprinzip gebaute Appel-Gaßnersche Beizapparat

[1]) Appel und Gaßner: Mitteilungen aus der Kaiserl. Biolog. Anstalt, 1907, H. 3.

(Abb. 9) ist der bisher vollkommenste Apparat für die Heißwasserbehandlung. Der Apparat besteht aus einem kippbaren, in ein fahrbares Gestell eingehängten Beizkessel, in welchem über dem Boden und unter dem Deckel je ein Siebboden eingesetzt ist. Zwischen die beiden Siebböden wird das schon vier Stunden lang im Wasser von 25—30° C vorgequellte Getreide in den Kessel eingefüllt, der Apparat verschlossen und nun unter Druck (am besten von einem hochstehenden, größeren Faß aus, vgl. Abb. 10) Wasser von 52° C durchgeleitet. Zwischen dem Boden und dem unteren Sieb tritt das heiße Wasser in den Kessel ein, durchströmt die eingefüllten Getreidemengen und fließt über dem oberen Sieb unter dem Deckel durch ein Überlaufsrohr ab. Das Zuführungsrohr besitzt einen Dreiwegehahn, der die schnelle Zuleitung von heißem und kaltem Wasser zum Kessel gestattet. Mit Hilfe eines Thermometers wird die Temperatur des durchströmten Getreides beobachtet; hat das Saatgut 52° C erreicht, so wird der Hahn geschlossen, und das Saatgut wird 10 Minuten lang auf dieser Temperatur gehalten. Dann wird durch den Dreiwegehahn kaltes Wasser zur sofortigen Abkühlung durch das Getreide hindurchgetrieben und der Apparat durch Kippen entleert. Die Arbeitsleistung beträgt nach Elkar[1]) 20—30 Ztr. pro Tag. Der Wasserverbrauch beläuft sich auf 300 Liter je 100 kg Weizen und 375 Liter je 100 kg Gerste. Der Appel-Gaßnersche Apparat zeichnet sich durch Einfachheit der Apparatur und durch die Möglichkeit einer genaueren Temperaturhaltung vorteilhaft aus. Die Arbeitsweise ist durch die gut zu regulierende Zuleitung von heißem und kaltem Wasser und durch die vollkommen gleichmäßige Erwärmung des Getreides sehr einfach und vollkommen. So hat sich der Apparat sowohl in größeren Betrieben und Saatzüchtereien als auch in mittelgroßen Betrieben, wo Dampfanlagen durch Brennereibetriebe vorhanden sind, eingeführt. Immerhin bleibt als Hemmnis für eine allgemeine Verbreitung das Gebundensein an eine Dampfanlage, wodurch der Apparat für kleinere Betriebe nicht in Frage kommt, da eine Erwärmung der nicht geringen Wassermengen durch eine besondere Feuerung kaum wirtschaftlich sein dürfte.

Zum alten Tauchverfahren kehrte 1910 noch einmal Schander[2]) zurück, als er den Ventzkischen Viehfutter-Schnelldämpfer für die Heißwasserbehandlung umbaute. Der Apparat besteht aus einem kippbaren Wasserkessel mit eigener unterliegender Feuerung. Das Getreide wird in zwei besonderen Einsatzkörben mittels Winden in den Kessel gebracht und muß zur gleichmäßigen Erwärmung des Wassers wiederholt

[1]) Elkar: Pflanzenbau, 1924/25, Bd. 1, S. 258.
[2]) Schander: Deutsche landwirtschaftliche Presse, 1910, S. 333.

aus- und eingetaucht und während der Behandlung bewegt werden. Durch Einschieben von Isolierplatten (Asbest) zwischen Feuerung und Kessel soll die Erwärmung des Kessels so reguliert werden können, daß das Wasser die Temperatur von 52° C nicht überschreitet. Nach Beendigung der Behandlung wird das Getreide mittels der Winde wieder herausgehoben, in kaltem Wasser abgeschreckt und dann zum Trocknen ausgebreitet. Die Vorteile des Apparates liegen darin, daß der Apparat schon als Futterdämpfer in manchen Betrieben vorhanden ist und daß er durch seine besondere Feuerung von Dampfheizanlagen unabhängig ist; sonst aber hängen ihm alle Nachteile des Tauchverfahrens an, die in der Schwierigkeit der gleichmäßigen Durchwärmung des Wassers und des Saatgutes und der genauen Innehaltung der Temperatur entstehen.

Die Ausgestaltung der verschiedensten Apparate drängte immer mehr dahin, endlich einmal die wissenschaftlichen Grundlagen für eine einwandfreie Bekämpfung der Flugbrandkrankheiten zu schaffen. Durch die Untersuchungen von Appel und Riehm[1]) wurde diese Lücke ausgefüllt und endlich auch Erklärungen für eine Arbeitsmethode gegeben, die man empirisch gefunden und bisher ohne genaueres Verständnis angewandt hatte. Sowohl der Pilz als auch das Samenkorn befinden sich in einem Ruhestadium, in welchem sie gegen Hitze wenig empfindlich sind. Es gilt nun, den Pilz aus diesem Ruhestadium herauszubekommen und zu neuer Lebenstätigkeit anzuregen durch ein Mittel, welches das Samenkorn noch in dem weniger empfindlichen Ruhestadium beläßt. Es zeigte sich, daß das schon immer geübte Vorquellen des Getreides die Aktivierung des Pilzes mit sich brachte und das Samenkorn praktisch noch im Ruhestadium beließ, wenn das Saatgut 4 Stunden lang in Wasser von 25 bis 30° C eingetaucht wurde. Wird das so vorgequellte Saatgut nun 10 Minuten lang einer Temperatur von 50—52° C ausgesetzt, so wird der zu neuem Wachstum erwachte Pilz abgetötet, während das noch ruhende Samenkorn nicht beschädigt wird. Es zeigte sich, daß diese Temperaturen und Behandlungsdauern genau innegehalten werden müssen, daß ganz besonders eine Erhöhung der Temperatur über 52° C nicht eintreten darf, wenn man Keimschädigungen des Saatgutes vermeiden will. Die Wirkung der Heißwasserbeize wurde später von M. Hollrung[2]) als eine durch physiologische Vorgänge ausgelöste, innere chemische Beizung aufgefaßt, indem die Heißwasserbehandlung die intramolekulare Atmung sowohl des Samenkorns als auch des Pilzmyzels steigert, die bei der Atmung entstehenden Alkohole und Aldehyde aber auf den Pilz giftig und abtötend,

[1]) Appel und Riehm: Arbeiten aus der Kaiserl. Biolog. Anstalt, 1913, Bd. 8.
[2]) Hollrung, M.: Fühlings landwirtschaftliche Zeitung, 1921, Bd. 70, S. 109.

auf den Embryo aber nur unbedeutend schädigend wirken. Zur Erklärung der abtötenden Wirkung hoher, dem lebenden Eiweiß ungünstiger Wärmegrade ist eine Zuhilfenahme besonderer Giftstoffe nicht nötig; auch läßt die Notwendigkeit der genauen Einhaltung einer ganz bestimmten Temperatur und einer bestimmten Behandlungsdauer die Hollrungsche Theorie als unwahrscheinlich erscheinen.

Die Untersuchungen von Appel und Riehm nahmen der Heißwasserbeize die Unsicherheit und regten durch die nun gewonnene Zielsicherheit wieder zum Bau geeigneter Apparate an. So wurde von den Büttner-Werken in Urdingen a. Rh. ein leistungsfähiger Heißwasserapparat gebaut, bei welchem das Wasser in einem besonderen Heizbottich erwärmt, durch ein Pumpwerk in den Getreidebottich gebracht und nach erfolgter Beizung von dort zur Neuanwärmung wieder in den Heizbottich zurückgebracht wird, also einen ständigen Kreislauf zwischen Heiz- und Getreidebottich ausführt. Weiter können viele der für das Tauchbeizverfahren (vgl. S. 316) gebauten Beizapparate, wie der Beizapparat Degesch, der Wachtelsche Beizapparat und der Jäger-Dixsche Beizapparat, auch zur Heißwasserbehandlung des Getreides benutzt werden; es haften ihnen allen jedoch die Schwierigkeit der Temperaturregelung und der gleichmäßigen Erwärmung der Getreidemassen an. Einen neuen Weg beschritten E. Tamm und B. Husfeldt[1]), als sie den elektrischen Strom zur Erwärmung der Wassermengen benutzten. Der von ihnen konstruierte elektrische Heißwasserbeizapparat besteht aus einem rechteckigen Kasten, der durch eine Querwand in zwei übereinanderliegende, wasserdichte Abteile geteilt ist. Das untere Abteil soll gerade so viel Wasser fassen, als zur Behandlung notwendig ist; im oberen Abteil, dem eigentlichen Behandlungsraum, sind an den Längsseiten zwei vom Boden bis zur Oberfläche des Elektrolyten (Wasser) reichende Elektroden (dünne Bleiplatten oder gut verzinktes Eisenblech) angebracht. Das Saatgut kommt in das obere Abteil zusammen mit schwach angesäuertem Wasser (0,1—0,5 Proz. Kochsalzlösung oder Viehsalzlösung als Elektrolyt), so daß die oberste Getreideschicht mit dem Wasserspiegel abschneidet. Als Wärmequellen wird die elektrothermische Wirkung des elektrischen Stromes ausgenutzt. Um Wasserzersetzungen zu vermeiden, wird niedriggespannter Wechselstrom, wie er von den Überlandzentralen geliefert wird, angewandt. Besitzt der Elektrolyt überall die gleiche Konzentration und ist das Saatgut gleichmäßig im Elektrolyten verteilt, so ist die Erwärmung in allen Teilen des Behandlungsbottichs gleichmäßig. Die Temperatur kann leicht durch ständige Beobachtung des Thermometers und

[1]) Tamm, E., und Husfeldt, B.: Pflanzenbau, 2. Jahrg., 1926, Nr. 13 u. 14.

Aus- und Einschalten des Stromes oder durch Einschaltung von Regulierwiderständen in den Stromkreis, noch einfacher durch Verwendung eines selbsttätigen elektrischen Thermoregulators, genau eingehalten werden. Nach Ablauf der Heißwasserbehandlung wird das warme Wasser in das untere Abteil abgelassen und das Getreide nach Abschreckung mit kaltem Wasser durch Kippen des ganzen Apparates um 180° entleert. Das warme Wasser kann in den oberen Bottich zurückgebracht und zur Behandlung einer neuen Saatgutmenge benutzt werden. Praktische Erfahrungen mit diesem Heißwasserapparat, dessen Herstellung die Maschinenfabrik für Saatgutveredelungs- und Speicheranlagen F. Neuhaus in Eberswalde übernommen hat, liegen zurzeit noch nicht vor. Nach den Versuchen von Tamm und Husfeldt tritt eine Keimschädigung des Getreides weder durch das vierstündige Vorquellen des Saatgutes in der 0,1proz. Natriumchloridlösung noch durch die 10 Minuten lange Behandlung mit der auf 52° C erwärmten Kochsalzlösung ein. Die elektrische Heißwasserbehandlung kam in der Vernichtung der Brandkrankheiten den Ergebnissen des besten Heißwasserapparates (Appel-Gaßner) gleich und zeigte (vielleicht durch Stimulierung) günstige Keim- und Triebkraftsergebnisse. Als Vorteil des Verfahrens kann angegeben werden, daß jede beliebige Saatgutmenge behandelt werden kann, daß kostspielige Dampferzeugungsapparate und Dampfleitungen fortfallen, daß eine genaue Regulierbarkeit der Temperatur möglich ist, und daß durch ständige Wiederbenutzung des Wassers der Wasserverbrauch sehr gering ist. Die Nachteile des Verfahrens bestehen darin, daß der an sich einfache Apparat gut isoliert sein muß, und daß der Wechselstrom wegen der Lebensgefahr ein vorsichtiges Arbeiten erfordert.

Die Heißwasserbehandlung ist für Weizen- und Gerstenflugbrand die einzig wirksame Bekämpfungsmethode; die Schwierigkeit ihrer Durchführung hat es jedoch mit sich gebracht, daß sie in der Praxis noch nicht allgemein Eingang gefunden hat. Auch gegen die Mehrzahl der Brandkrankheiten mit Keimlingsinfektion läßt sie sich verwenden; sie hat sich aber auch hier nicht durchsetzen können, da die Bekämpfung dieser Krankheiten mit chemischen Mitteln möglich ist und leichter und exakter durchgeführt werden kann. Es ist aber versucht worden, die Heißwasserbehandlung zusammen mit chemischen Beizmitteln als „kombinierte Beize“ zur gleichzeitigen Bekämpfung der Brandkrankheiten an Weizen und Gerste zu verwenden, indem man das Saatgut in den auf 20° C erwärmten Beizlösungen (0,12 Proz. Uspulun- oder Germisanlösungen) 4 Stunden lang vorquellen läßt und daran die 10 Minuten lange Heißwasserbehandlung mit reinem Wasser anschließt. — Durch Wahl einer tieferen Temperatur des Wassers und einer entsprechend längeren Behandlungsdauer (8 Stun-

den bei 40° C und 4 Stunden bei 45° C) wurde zur Bekämpfung des Weizen- und Gerstenflugbrandes auch eine als „Lauwasserbad" bezeichnete Warmwasserbehandlung empfohlen, doch hat diese Methode keine praktische Bedeutung erlangt.

Auch zur Bekämpfung der das Saatgut befallenden tierischen Schädlinge wird Wärme verwandt. Gegen die in Erbsen und Bohnen vorkommenden Samenkäfer (Bruchus pisi und Bruchus granarius) wird eine Warmwasserbehandlung empfohlen, bei der das befallene Saatgut mit Wasser von 55—60° C übergossen und 24 Stunden darin belassen wird. Weiter kann auch trockene Hitze in Heißluftapparaten (Heißluftschränken, Heiztrommeln) zur Abtötung der Erbsen- und Bohnenkäfer benutzt werden. Durch Hitze von ungefähr 50° C werden in Amerika endlich auch Saatgutlagerräume, Lagerhäuser und Mühlen [1]) unter Verwendung von heißem Wasserdampf von Samen- und Vorratsschädlingen befreit. In der ersten Anschaffung sind diese Dampfheizungsanlagen kostspielig; die Kosten der Behandlung sind jedoch so gering, daß sich die Anschaffungskosten in kurzer Zeit bezahlt machen.

Für die Verwendung von Wärme zur Desinfektion von Knollen, Zwiebeln und Stecklingen kommt sowohl trockene als auch feuchte Hitze in Frage. Kartoffelknollen ertragen ohne Schädigung eine 1—2stündige Warmwasserbehandlung von 40° C, eine Temperatur, die genügt, um in der Knolle befindliche Pilzmyzele, wie die von Phytophthora infestans, abzutöten; auch durch 4stündige Behandlung mit trockener Luft von 48—50° C war eine Bekämpfung der Phytophthora möglich [2]). — In Holland ist die Warmwasserbehandlung das allgemein gebräuchliche Hilfsmittel, von Nematoden und Insektenlarven freie Blumenzwiebeln zu erhalten. Die dazu dienenden Apparate bestehen aus Kesseln von 150—300 Litern Inhalt, in denen Wasser durch Gasfeuerung bei einer Temperatur von 43,5° C gehalten werden kann. Die Zwiebeln kommen, je nach ihrer Größe, $2^1/_2$—4 Stunden in dieses Bad, in welchem die Narzissen- und Hyazinthenzwiebeln von Nematoden und von den Larven von Merodon equestris und Eumerus strigatus (Narzissenfliegen) befreit werden. Vom holländischen Pflanzenschutzdienst wurden Apparate gebaut, in denen 10 hl Blumenzwiebeln in einem Gang desinfiziert werden können. Auch die einen Tag dauernde Behandlung der Blumenzwiebeln mit trockener Luft von 42—50° C soll sich in holländischen Großbetrieben zur Bekämpfung der Nematoden bewährt haben. — Die Desinfektion von Stecklingen mit Hilfe von Wärme hat besonders bei Setzreben eine gewisse

[1]) Back, E. A.: U. S. Dep. of Agriculture, Bull. 872, 1920.

[2]) Riehm, E.: Krankheiten der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. 3. Aufl. Berlin 1927, S. 97.

Bedeutung erlangt, indem reblausverseuchte Setzreben eine Zeitlang in Wasser von bestimmter Temperatur eingetaucht werden. Nach Moritz ist zur Abtötung der Rebläuse und der Reblauseier bei einer Wassertemperatur von 55—60° C ein 5 Minuten währendes Eintauchen notwendig (vgl. auch Tauchmittel S. 300).

Die Anwendung von Wärme zur Verhütung von Frostschäden ist nach Hollrung 1923 in den Vereinigten Staaten von Amerika durch Aufstellen kleiner trag- und fahrbarer Öfen in Obstpflanzungen, weiterhin auch durch Verstäubung von Wasserdampf aus feinsten Verstäubungsdüsen oder durch Schaffung sonstiger künstlicher Nebel versucht worden; zur größeren praktischen Anwendung sind die Verfahren bisher nicht gekommen (vgl. S. 378).

Die Anwendung von Kälte kommt zur Schädlingsbekämpfung kaum in Betracht, da einmal ausreichend tiefe Kältetemperaturen nur schwer zu erhalten sind, dann aber die tierischen und pilzlichen Schädlinge gegen Kältetemperaturen meist sehr widerstandsfähig sind. Ein Abtöten der an das Klima angepaßten Schädlinge durch tiefere Temperaturen wird man in der Praxis wohl kaum erreichen; wohl aber gelingt es, durch Lagerung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen (Saatgut, Knollen, Früchten) bei tiefen Temperaturen die Entwicklung der Schädlinge stark zu hemmen. So stellt der in den Kartoffelknollen befindliche Phytophthorapilz sein Wachstum ein, sobald die Temperatur seiner Umgebung auf 7° C sinkt; es wird also empfohlen, die Temperatur der Kartoffelmieten stets unter 7° C zu halten. Sehr empfindlich gegen Kälte sind dagegen viele, aus wärmeren Gebieten zu uns eingeschleppte Vorrats- und Saatgutschädlinge, die in Lagerräumen und Mühlen gute Lebensbedingungen finden, unseren kalten Wintern jedoch nicht widerstehen. Nach Zacher[1]) sterben Reiskäfer und Getreidemotte bei Temperaturen unter 0° C ab; der Kornkäfer fällt bei +4° C in Kältestarre und geht bei —5° C ein. Die Kälte hat sich insbesondere dort als nützlich zur Schädlingsbekämpfung erwiesen, wo Vorräte (Reis und Tabak) oder Saatgut die zur Desinfektion notwendigen Hitzegrade nicht ertragen können.

3. Anwendung von Licht

Der vielen Tieren, insbesondere vielen Insekten, eigene Trieb, bei Dunkelheit Lichtquellen zuzustreben, wurde bei der Konstruktion von Fanglampen und Lichtfallen zur Schädlingsbekämpfung ausgenutzt. Solange die Tiere die Umgebung deutlich erkennen können, üben künstliche Lichtquellen keinen Einfluß auf sie aus. An das Licht gebannt werden

[1]) Zacher, F.: Flugblatt 63 der Biologischen Reichsanstalt.

die Tiere erst dann, wenn für sie infolge der Blendung die Umgebung völlig verschwindet, oder wenn bei schwächerer Lichtquelle die Umgebung wenig beleuchtet und von ihnen nicht mehr zu erkennen ist. Künstliche Lichtquellen üben daher bei Tageslicht oder bei hellem Mondschein keine anlockende Wirkung aus. Für das Aufsuchen der Lichtquellen, für das „Sich-ins-Licht-Stürzen", ist also nicht das Licht, sondern die Dunkelheit der Umgebung maßgebend.

Die Verwendung von Fanglaternen zur Anlockung und Vernichtung fliegender Insekten ist eins der ältesten Verfahren, das in Deutschland besonders im Weinbau zur Bekämpfung des Traubenwicklers Anwendung fand. Von zahlreichen Firmen wurden Fanglampen und Lichtfallen verschiedenster Konstruktionen hergestellt und in den Handel gebracht. Die einfachsten Fanglampen waren Vorrichtungen, bei denen die Lichtquellen von mit Fliegen- oder Raupenleim bestrichenen Holzstäbchen, Glasfenstern oder weitmaschigen Drahtnetzen umgeben waren, oder aber die Lichtquellen waren inmitten oder über breiten, flachen, mit Wasser oder Petroleum gefüllten Becken angebracht, in denen die Insekten sich fingen oder abgetötet wurden. Die anlockenden und fangenden Eigenschaften suchte man auch in leuchtenden Insektenleimen (fluoreszierenden Raupenleimen, Leuchtklebebändern, Leuchtklebeglocken) zu vereinigen, bei denen u. a. gechlorte Paraffine als Klebemittel und Sulfide der Erdalkalien, die von den Paraffinen nicht angegriffen werden, als Leuchtmasse verwendet werden. Gegen Forstschmetterlinge (Nonne) wurden im großen anfangs offene Feuer oder Bogenlampen, später große Scheinwerfer benutzt und dicht dabei Exhaustoren aufgestellt, die die angelockten Insekten durch kräftigen Luftzug aufsaugen und in Behältern sammeln sollten. Auch einfarbiges Licht wurde wiederholt versuchsweise angewandt, und je nach dem Ausfall der Versuche wurde bald gelbes, bald das blauviolette Licht der Quecksilberdampflampen[1]) als besonders falteranlockend empfohlen. Die mit den Lichtquellen unter günstigen Bedingungen eingefangenen Faltermassen täuschten lange Zeit über den wirklichen Wert des Verfahrens hinweg. Es liegen Berichte vor, daß mit 100 Fanglampen in 9 Nächten über 50 000 Motten gefangen und daß in Zittau mit einem Scheinwerfer 60 Pfund Falterleichen gesammelt wurden. Das Fanglampenverfahren ist heute fast nicht mehr im Gebrauch, da es in der Handhabung (ständige Kontrolle der Lichtquellen) umständlich, bei Vollmond, Wind und Regen unwirksam, also von der Witterung sehr abhängig ist, und da der wirkliche Erfolg trotz der oft gefangenen großen Faltermassen sehr gering ist. Einmal werden durch das Verfahren unter-

[1]) Sturm und Zimmermann: Der Pflanzer, 8. Jahrg., 1912, S. 61.

schiedslos nützliche und schädliche Insekten vernichtet, dann aber ergab die Untersuchung, daß in hohem Maße, oft zu 90 bis 95 Proz., nur Männchen gefangen wurden, während die vor der Eiablage sehr flugträgen Weibchen zur gleichen Zeit ungestört ihre Eier ablegten und erst nach erfolgter Eiablage oder gar nicht gefangen wurden. Das Fanglampenverfahren ist daher heute aufgegeben und durch die wirksameren modernen Bekämpfungsmaßnahmen (Spritz- und Stäubemittel, Giftköder) fast völlig ersetzt.

4. Anwendung des elektrischen Stromes

Nur in ganz vereinzelten Versuchen wurde bisher der elektrische Strom zur Schädlingsbekämpfung herangezogen, doch führten die Versuche, Bodenschädlinge (Reblaus, Drahtwürmer) durch Gleich- oder Wechselstrom zu vernichten, bisher zu keinem Erfolge, da der Widerstand der Erde zu groß und die Empfindlichkeit der Schädlinge zu gering ist. Auch ein mit vieler Reklame angepriesener „Elektrokultivator" erwies sich als wertlos.

Gleichzeitige Verwendung von Licht, Elektrizität und chemischen Köderstoffen versuchte der von Baunacke[1]) beschriebene „elektrische Schadinsekten-Fangapparat" dadurch zu erreichen, daß bei ihm die anlockende Lichtquelle mit einem Ködertrog verbunden und von einem elektrisch geladenen Fanggitter umgeben ist. Der Apparat ist praktisch noch nicht erprobt und wird die oben beschriebenen, jeder Fanglampe anhaftenden Mängel zeigen.

Im Anschluß an die Verwendung des elektrischen Stromes sind noch neuere Versuche zu erwähnen, bei denen Radium- und Röntgenstrahlen oder ultraviolettes Licht zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten verwendet wurden. Die Versuche sollen teilweise gute Ergebnisse gegen die durch Bakterien (Bacillus tumefaciens) hervorgerufenen Tumoren an Pelargonien, weiterhin auch gegen die durch Plasmodiophora brassicae bewirkten Kohlherniewucherungen und durch Synchytrium endobioticum verursachten Kartoffelkrebsgeschwülste und selbst gegen Getreidebrandkrankheiten gehabt haben, doch sind diese Versuchsergebnisse noch zu unsicher, um schon heute die Wirksamkeit und die praktische Bedeutung des Bestrahlungsverfahrens erkennen zu können. Eine Verwendung von Röntgenstrahlen wird nach Wardle und Buckle 1923 jedoch schon in einer mexikanischen Tabakfaktorei zur Bekämpfung des in Zigarren lebenden Käfers Lasioderma serricorne erfolgreich durchgeführt.

[1]) Baunacke: Deutsche landwirtschaftliche Presse, 1921, S. 763.

D. Technische Bekämpfung mit chemischen Mitteln

1. Allgemeines über chemische Mittel

a) Historisches

Schon immer hat der Ackerbau treibende Mensch entsprechend seinen jeweiligen wirtschaftlichen Bedürfnissen und seinen Kenntnissen und Erfahrungen versucht, die ihm durch Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge entstandenen Ernteverluste abzuwehren. Nach Plinius hat man schon im Altertum Sämereien vor der Aussaat mit Öl, Fett oder Pech behandelt, in Wein oder Jauche getaucht oder mit gestoßenen Zypressenblättern oder Asche vermischt, um sie vor Schädlingsbefall zu schützen. Im Mittelalter versuchte man die verschiedensten tierischen Schädlinge durch Bestreichen der befallenen Pflanzen mit Rinderkot, Bocksblut, Esels- oder Bärenschmalz oder den in Öl verriebenen Raupenkadavern oder durch Verbrennen von Rindermist, Ledersohlen, Hirschhorn oder Weiberhaaren fernzuhalten und zu vernichten. Bei den meisten dieser eigenartigen Hausmittel nahm man offenbar an, daß ihre für den Menschen abschreckenden Eigenschaften von noch stärkerer Wirkung auf die tierischen Schädlinge wären. Solange die Lebensweise der Schädlinge und die Wirkungsweise der angewandten Mittel unbekannt waren, blieb die Art der Schädlingsbekämpfung ein planloses Probieren. Trotzdem aber gelang es, zu Beginn des 19. Jahrhunderts durch Zufall chemische Stoffe mit guter fungizider und insektizider Wirkung zu entdecken und mit Hilfe dieser Stoffe brauchbare Bekämpfungsmethoden auszuarbeiten, die noch jetzt zu den besten gehören, obwohl man selbst heute oft noch nicht über ihre Wirkungsweise völlig im klaren ist. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts fand Prévost, daß Brandsporen in Wasser, das in einem Kupferkessel abgekocht war, nicht auskeimten; er entdeckte die fungizide Wirkung des Kupfers und konnte schon damals ein brauchbares Verfahren zum Beizen von Saatgut mit Kupfervitriollösung geben. Der Schwefel wurde als wirksames Mittel gegen Pfirsichmehltau schon 1821 von H. Robertson empfohlen und um die Mitte des 19. Jahrhunderts in Frankreich zur Bekämpfung des Rebenmehltaues in größerem Umfange angewendet. Einem in Südfrankreich gebräuchlichen Verfahren, die in unmittelbarer Nähe der Wege hängenden Weintrauben durch Bespritzen der Weinstöcke mit einer Kupfersulfat-Kalklösung vor Diebstahl zu schützen, ist in den 70er Jahren die Entdeckung der vorzüglichen Wirkung des Kupfers gegen den falschen Rebenmehltau, die Peronospora, zu verdanken. Das Mittel ist in etwas

veränderter Form als Kupferkalk- oder Bordeauxbrühe heute noch das beste Mittel zur Bekämpfung der Peronospora.

Mit dem Erstarken der chemischen Industrie ist die Anwendung der chemischen Pflanzenschutzmittel mehr und mehr in den Vordergrund getreten. In neuerer und neuester Zeit wurden viele brauchbare chemische Mittel gefunden, die wir heute aber weniger dem Zufall als der systematischen Arbeit der Pflanzenschutzmittel-Industrie und der wissenschaftlichen Forschungsanstalten verdanken. Die chemischen Mittel erfreuen sich besonders bei den Praktikern einer großen Beliebtheit, weil ihre Anwendungsweise höchst einfach und der Erfolg in der Regel sofort sichtbar ist. Der Praktiker macht sich jedoch selten klar, daß die immer wieder anzuwendenden chemischen Bekämpfungsmittel viel teurer kommen, als die meist geringer eingeschätzten, dem Krankheitsbefall vorbeugenden oder ihn ganz verhindernden Kulturmaßnahmen. In vielen Fällen aber stellt die chemische Bekämpfung die letzte, oft sogar einzig mögliche Bekämpfungsart dar.

b) Was sind chemische Mittel?

Als chemische Bekämpfungsmittel bezeichnen wir diejenigen Stoffe, die, in geeigneter Weise angewandt, sich auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung zur Abtötung von Schädlingen eignen. Schon bei der technischen Bekämpfung mit physikalischen Mitteln wurden chemische Stoffe erwähnt, die als Ködermittel (gärende Obstreste und Zuckerlösungen) zur Anlockung oder als Klebemittel (Raupenleim) zum Fang, niemals aber zur Abtötung der Tiere dienten und daher nur als Hilfsmittel zur Durchführung mechanischer Bekämpfungsmaßnahmen in Betracht kamen. Die Eigenart der chemischen Bekämpfungsmittel liegt im Gegensatz hierzu in ihrer meist schädlingstötenden Eigenschaft.

Die chemischen Bekämpfungsmittel sind entweder pflanzliche oder tierische Rohstoffe oder anorganischer Natur und kommen in fester, flüssiger oder gasförmiger Gestalt zur Anwendung. Sie können selten in reiner Form verwendet werden; aus Ersparnisrücksichten und zur Vermeidung von Beschädigungen der behandelten Pflanzen wird dem Grundstoff oder Giftstoff durch Beimengungen von Träger- oder Streckmitteln (Lösungs-, Verdünnungs-, Emulgierungs- und Bindemittel) die zur Bekämpfung der Schädlinge und zur Gesunderhaltung der Pflanze geeignete Konzentration gegeben. Weiter können Hilfsstoffe Verwendung finden, die eine raschere und vollständige Lösung des Grundstoffes, Verbesserung der Schwebe-, Benetzungs- und Haftfähigkeit bewirken, pflanzenschädliche Eigenschaften beseitigen, die Wirkungskraft steigern oder als Nebengifte Lähmungen usw. verursachen.

c) Anwendung der chemischen Mittel

Grundbedingung für jede erfolgreiche Bekämpfung mit chemischen Mitteln ist die richtige Anwendung der Mittel und die Einhaltung des geeigneten Zeitpunktes. Für die Anwendung ist sowohl die richtige Zusammensetzung als auch die sachgemäße Herstellung von Bedeutung (vgl. Kupferkalkbrühe S. 212).

Die chemischen Mittel werden als Gas, als Flüssigkeit oder in fester Form bei der Bodenbehandlung, bei Behandlung oberirdischer Pflanzenteile, zur Desinfektion ruhender Pflanzenteile, bei der inneren Behandlung der Pflanzen (innere Therapie) und zur Bekämpfung frei beweglicher Tiere benutzt. Die Anwendungsweise selbst richtet sich nach der Eigenart der Schädlinge. Für Nagetiere kommen außer vergifteten Ködern z. B. noch Atemgifte in Frage, da die der Landwirtschaft schädlichen Nager meist eine unterirdische Lebensweise führen. Gegen Hasenfraß und Wildverbiß können von den chemischen Mitteln nur einige als Abschreckmittel dienende Streichmittel verwandt werden. Die freizügigen, oft sehr mißtrauischen schädlichen Vögel versucht man mit chemischen Abschreckmitteln fernzuhalten oder durch Giftköder zu vernichten. Für das große Heer der Insekten kommen, je nach der Eigenart und Lebensweise der betreffenden Schädlinge, Haut-, Magen- oder Atemgifte in Frage, die als Spritz-, Stäube-, Vergasungs- oder Impfmittel benutzt werden. Auch innerhalb dieser Gruppen ist die Anwendungsweise sehr verschieden. So werden Spritzmittel, die als ätzende Hautgifte gegen Blutlaus und Blattläuse oder die in Spiegeln oder Gespinsten zusammenlebenden Raupen wirksam sind, in der Regel mit dickem, kräftigem Spritzstrahl und reichlicher Flüssigkeitsmenge angewandt, um ein tiefes Eindringen in alle Unebenheiten und ein möglichst allseitiges Benetzen zu erreichen. Die als Magengift gegen Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen wirksamen Spritzmittel dagegen werden, ähnlich wie die Pilzgifte, in feiner nebelförmiger Zerstäubung unter geringem Flüssigkeitsverbrauch auf die Pflanzen gebracht, um einen gleichmäßigen Giftüberzug herzustellen und ein Abtropfen der Spritzflüssigkeit zu vermeiden. Magengifte und Pilzgifte müssen nach Möglichkeit *vor* dem Befall aufgetragen werden. Zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten eignen sich Spritz- und Stäubemittel, Gieß- und Tauchmittel, letztere, wenn es sich um Erkrankung ruhender Pflanzenteile (Saatgutbeizung, Setzrebeninfektion) handelt. Je nach dem Sitz der pilzlichen oder tierischen Schädlinge an der Pflanze muß die Blattober- oder -unterseite oder der Stamm vom Spritzstrahl getroffen werden. Zur Verbilligung und Vereinfachung der Bekämpfung werden *die* Mittel bevorzugt, die gegen möglichst viele Schädlinge wirksam sind,

oder die sich mit anderen guten Mitteln zur gleichzeitigen Bekämpfung mehrerer Schädlinge kombinieren lassen.

Die genaue Einhaltung eines bestimmten Zeitpunktes zur Bekämpfung ist vor allen Dingen dann erforderlich, wenn ein Schädling, sei er pilzlicher oder tierischer Natur, nach kurzer, freier Lebensweise bald in das Innere der Pflanze eindringt, oder wenn er später durch Gallenbildung geschützt ist. So ist die Obstmadenbekämpfung mit chemischen Mitteln nur so lange möglich, als die junge Obstmade vor dem Einbohren noch im freien Kelch der Blüte oder der jungen Frucht lebt. Bei Pilzerkrankungen lassen sich die Spritz- und Stäubetermine oft leicht angeben, da das Auskeimen der Sporen sowohl von der Feuchtigkeit wie auch von der Temperatur abhängig ist. Man hat z. B. in Weinbaugebieten einen Peronospora-Vorhersagedienst einrichten können, der nach den Niederschlägen und der Temperatur die Inkubationszeit der Peronospora berechnet und amtlich die Termine für die Peronosporabekämpfung bekannt gibt.

Die Anwendung der chemischen Mittel ist oft umständlich und teuer, so daß stets zuerst einmal die Frage geklärt werden sollte, ob bei Schädlingsplagen die Anwendung von chemischen Mitteln notwendig und wirtschaftlich tragbar ist. Außer den allgemeinen Fragen nach dem Einfluß von Witterung und Temperatur auf die Entwicklung der Schädlinge ist besonders der Gesundheitszustand der Schädlinge zu berücksichtigen. Ergibt zum Beispiel eine Untersuchung der Schädlinge, daß die Regulation der Schädlingsplagen durch die Natur selbst schon eingesetzt hat und die Schädlinge zum größten Teil schon parasitiert sind, so ist die Anwendung chemischer Mittel nicht allein unnötig, sondern sogar schädlich, da mit den bereits erkrankten und für die Fortpflanzung an sich schon ausgeschalteten Tieren auch die in ihrem Innern lebenden Schmarotzer abgetötet werden und die Regulation der Natur nur gehemmt wird. So berichtet K. Eckstein[1]) über einen Fall, wo zur Bekämpfung der Forstschädlinge die kostspielige Arsenbekämpfung vom Flugzeug bereits vorgesehen war, durch Ecksteins sorgfältig durchgeführte Untersuchung der Eier als unnötig erkannt und die Ausgaben gespart werden konnten.

d) Heil- und Giftwirkung der chemischen Mittel

Die Wirkung der chemischen Mittel ist eine „Giftwirkung", wenn es sich um Abtötung von Krankheitserregern pilzlicher und tierischer Art handelt; sie ist eine „Heilwirkung", wenn eine Beseitigung anorganischer Ursachen in Frage kommt. Durch anorganische Ursachen sind u. a. Bodensäurekrankheit und Dörrfleckenkrankheit hervorgerufen. Erstere wird

[1]) Eckstein, K.: Anzeiger für Schädlingskunde, 2. Jahrg., 1926, Nr. 1—3.

durch Neutralisieren der schädlichen Bodensäure mit alkalischen oder physiologisch-alkalischen Düngesalzen beseitigt, bei der Dörrfleckenkrankheit wird die „Heilwirkung" des Mangans auf Stimulationsvorgänge (vgl. S. 134) zurückgeführt, Erscheinungen, die zur Giftwirkung überleiten.

Die „Giftwirkung" setzt den Begriff „Gift" voraus. Als Gift bezeichnet man jeden chemischen Stoff, der auf die lebende Zelle schädlich wirkt. Absolute Gifte gibt es nicht, die Giftwirkung hängt vielmehr stets von der Menge (Dosis) ab, in welcher der Stoff der lebenden Zelle zugeführt wird. So können an sich harmlose Stoffe, mit denen man täglich umgeht, wie z. B. das Kochsalz, in starken Dosen als Gift wirken. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden aber diese Stoffe nicht als Gifte aufgefaßt, da man in der Regel nur diejenigen Stoffe als „Gifte" bezeichnet, bei denen schon geringe Mengen zur Schädigung der lebenden Zelle ausreichen. Die Bezeichnung „Gift" ist also stets relativ.

Zur Erforschung der Wirkungsweise giftiger Stoffe ist die genaue Kenntnis des gesunden Organismus Vorbedingung. Wenn wir auch über physiologische Vorgänge des Gesamtorganismus, wie Atmung, Verdauung und reizphysiologische Vorgänge schon manches wissen, so müssen doch hier noch viele Lücken ausgefüllt werden. Die sich auf der Grundlage der normalen Lebensvorgänge aufbauenden Untersuchungen über Giftwirkung müssen dann Ort, Art und Stärke der Schädigung und Einfluß auf Lebensweise, Lebensdauer und Fortpflanzung der Schädlinge sicherstellen. Die Giftwirkung der chemischen Mittel setzt an der lebenden Zelle an, die Wirkungsweise der Giftstoffe wird also so lange noch ungeklärt bleiben, wie wir sowohl über den physikalischen und chemischen Aufbau der lebenden Substanz und die physiko-chemischen Vorgänge in der Zelle wie auch über die Beziehungen der einzelnen chemischen Stoffe zum Plasma und zu den einzelnen Plasmateilen und das Verhalten der semipermeablen Plasmahaut gegenüber diesen Stoffen noch wenig wissen. Immerhin sind auf Grund unserer bisherigen Kenntnisse schon eine Reihe von Theorien über die Wirkungsweise der Giftstoffe aufgestellt worden.

Die lebende Zelle, d. h. der lebende Protoplast, wird im allgemeinen heute als ein kolloid-disperses System aufgefaßt, das u. a. Eiweißverbindungen, Kohlehydratverbindungen und Lipoide, Wasser und Salze enthält. Eine Änderung der chemischen Zusammensetzung des Protoplasten durch Giftstoffe ist für die Zelle ebenso nachteilig wie eine Änderung der physikalischen Verhältnisse. Die Wirkung der chemischen Mittel ist oft eine Komplexwirkung, indem mehrere Vorgänge gleichzeitig störend in den Chemismus der Zelle eingreifen und so durch Änderung des Dis-

persionsgrades durch Koagulation, Lösung, Ionenbildung, Adsorption oder Quellung die Lebensvorgänge unmöglich machen.

Der einfachste Vorgang der Giftwirkung ist die Adsorption, d. h. die Aufnahme des Stoffes durch den Protoplasten, ohne daß der eintretende Stoff mit einem Zellbestandteil in Reaktion tritt. Man nimmt an, daß bei der Adsorption eine Anlagerung des Stoffes an bestimmte Kolloidteilchen des Zytoplasmas stattfindet. Nach E. Janisch[1]) bewirkt „die durch Adsorption verursachte Konzentrationsanreicherung an den Grenzflächen einerseits eine erhöhte Reaktionsmöglichkeit der adsorbierten Stoffe untereinander; andererseits unterbinden die adsorbierten Stoffe durch Blockierung eines Teiles der Grenzflächen Stoffwechselvorgänge, die an diese Strukturen normalerweise gebunden sind, und rufen dadurch schwere Schädigungen im Zellmechanismus hervor, die irreparabel sind, wenn die Blockierung lange genug anhält". Beispiele für chemische Pflanzenschutzmittel, deren Wirkung in erster Linie auf Adsorption zu beruhen scheint, sind Blausäure[2]) und Nikotin.

Bei den Adsorptionsvorgängen sind auch die elektrolytischen Erscheinungen von großer Bedeutung. Es ist wahrscheinlich, daß die Dissoziation grundlegend ist für die Giftigkeit der Basen und Säuren. Ob jedoch die Anionen oder die Kationen für die Giftwirkung verantwortlich sind, oder ob beide als Komplexwirkung in Erscheinung treten, ist fraglich. Nach einer Theorie soll durch Anlagerung der H- und OH-Ionen an gewisse Protoplasmateilchen die Fermentbildung gestört werden, nach Ansicht anderer Autoren ist eine antagonistische Ionenwirkung anzunehmen, die entweder als gegenseitige Beeinflussung der Aufnahmegeschwindigkeit zweier, im gleichen Sinne geladener Ionen oder als Verdrängungserscheinung der einwertigen Ionen durch mehrwertige Ionen aus ihrer Adsorption im Plasma erklärt worden ist.

Bei vielen der chemischen Mittel folgt der Adsorption eine chemische Reaktion, die zwischen dem eingedrungenen Stoff und gewissen Plasmateilen eintritt und Verbindungen, z. B. Eiweißfällungen, entstehen läßt, durch die der kolloidale Zustand im Plasma geändert wird und die Lebensvorgänge der Zelle gestört werden. Wir finden diese Wirkungsweise beim Formaldehyd, bei Säuren und Basen und bei Salzen von Schwermetallen, wie Kupfer, Silber, Quecksilber usw. Die Wirkung dieser Mittel wird oft erschwert durch semipermeable Membranen und Plasmaschichten, die erst von den Stoffen abgetötet werden müssen, bevor das Gift einen ungehinderten Zutritt zu den inneren Schichten des

[1]) Janisch, E.: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., 1924, Bd. 61, S. 21.
[2]) Vgl. dazu Warburg, O.: Naturwissenschaften, 1925, Bd. 13, S. 442.

Protoplasten hat. Die Wirkung dieser Mittel ist rein lokal, tiefgreifend und nicht rückgängig zu machen, sie ist „ätzend"; eine Fernwirkung auf andere Zellgruppen kann nur durch Zerfallprodukte erfolgen.

Eine weitere, mit den Vorgängen der Eiweißkoagulation meist verbundene Wirkungsweise beruht auf der Eigenschaft der Fettlöslichkeit und damit auch der Lipoidlöslichkeit mancher Stoffe, wie wir sie u. a. bei Phenolen und bei Alkalien (Seifen) finden. Da diese Stoffe infolge ihrer Lipoidlöslichkeit leicht in die Zellen eindringen, finden sie insbesondere als ätzende Hautgifte (oft, aber wenig glücklich als „Kontaktgifte" bezeichnet) in der Schädlingsbekämpfung Verwendung.

Im Gegensatz zu den lokal wirkenden Ätzgiften stehen die Gifte, die auf ferne Zellgruppen einwirken, wie es neben einigen gasförmigen Mitteln noch die in der Schädlingsbekämpfung viel benutzten, meist als Alkaloide auftretenden, pflanzlichen Rohstoffe zeigen. Sie werden von den Außenzellen des Körpers gierig aufgenommen, gelangen in die Blutbahnen und zeigen elektive Wirkung, indem sie eine besondere Affinität für bestimmte Zellbestandteile gewisser Gewebe besitzen (Nerven-Muskelgifte). Von diesen Stoffen wissen wir den Ort der Reaktion, nichts aber von den reagierenden Zellbestandteilen. Man nimmt an, daß eine Speicherung der Stoffe in den bestimmten Zellen erfolgt, wobei es noch unbekannt ist, ob diese Speicherung ein einfacher physikalischer Adsorptionsvorgang in den Kolloiden des Plasmas oder eine dem Lösungsprozeß in den Lipoiden folgende Eiweißfällung ist.

Für die Wirkung einiger Stoffe, wie Phenole und Kaliumpermanganat, sind auch chemische Reduktions- und Oxydationsvorgänge wichtig, bei denen einerseits den Zellen der notwendige Sauerstoff entzogen, andererseits durch chemische Umsetzungen ein Zuviel von Sauerstoff erreicht wird, das den Protoplasten schädigt. Auch katalytische Vorgänge sind zur Erklärung der Wirksamkeit chemischer Mittel herangezogen worden. — Die Wirkung der wasserunlöslichen, oft kolloidalen Kupferverbindungen wird von französischen Autoren teilweise als reine Kontaktwirkung aufgefaßt, eine Theorie, die keine allgemeine Anerkennung finden wird, da nach Ansicht der meisten Autoren stets eine geringe Lösung des Mittels erfolgt und dadurch die Giftwirkung auslöst. Auch die Wirkungsweise des Kaliumpermanganats auf Oidium (Rebenmehltau) wird von Vermorel im Gegensatz zu anderen Autoren dahin ausgelegt, daß das Mittel in Kontakt mit organischen Verbindungen Sauerstoff entwickelt, der Sporen und Pilzmyzel abtötet.

Einfache osmotische Vorgänge können gleichfalls die Ursache der Giftwirkung sein. Änderungen des osmotischen Druckes und damit verbundene Störungen des Gleichgewichtes der Zellsäfte können

durch hypo- und hypertonische Lösungen hervorgerufen werden, wobei an sich ungiftige Stoffe, wie destilliertes Wasser oder Kochsalzlösungen, durch Änderung des Quellungsgrades innerhalb der Zelle (Schrumpfungen, Plasmolyse) den Charakter der Giftigkeit erhalten können. Kochsalzlösungen finden z. B. zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaues Verwendung. — Eine weitere Theorie sucht neuerdings den Einfluß elektrischer Felder[1]) auf Zellkolloide zur Erklärung der fungiziden Wirkung kupferhaltiger Brühen heranzuziehen. Die Strahlung wurde von Killing[2]) auf die Schwingung der in der Metalloberfläche freischwingenden Elektronen zurückgeführt (vgl. S. 215). Der Theorie wird bisher keine Bedeutung beigemessen. Als Grenzgebiet der chemischen Giftwirkung müssen in diesem Zusammenhang nochmals diejenigen physikalischen Vorgänge erwähnt werden, bei denen die chemischen Mittel durch physikalische Eigenschaften, wie Oberflächenspannung und Viskosität, einen mechanischen Verschluß der Atemöffnungen der Insekten bewirken oder aber in die Tracheen eindringen und dort die Oxydation hindern. Es sind dies in erster Linie die nicht flüchtigen, im Pflanzenschutz als Ölemulsionen viel angewandten Öle und die als Harzölseifen benutzten Harze, die als chemische Mittel anzusehen sind, obwohl ihre eigentliche Giftwirkung gering sein kann.

Auch auf biologischem Wege ist eine recht unwahrscheinliche Erklärung für die fungizide Wirkung einiger chemischer Mittel versucht worden, bei der angenommen wurde, daß geringe, in das Blatt eingedrungene Spuren des Mittels eine fördernde Wirkung auf die Assimilationstätigkeit der Blätter ausüben und dadurch für den Pilz ungünstige Lebensbedingungen schaffen. Eine biologische Erklärung der Wirkung chemischer Präparate ist nur bei den Impfmitteln möglich, bei welchen durch Einführung fremder Stoffe in die Pflanze Zellsaftänderungen bewirkt und dadurch ein Schädlingsbefall verhindert wird.

Die Giftwirkung der chemischen Mittel hängt ab von der Natur der das Mittel zusammensetzenden Stoffe. Sie ist nicht nur durch die Menge des wirksamen Bestandteiles gegeben, sondern wird auch von der Form bedingt, in welcher der Bestandteil im Mittel vorhanden ist. So ist die Giftwirkung komplexer Quecksilberverbindungen nicht proportional dem Quecksilbergehalt, sondern ist durch die vorliegende Quecksilberverbindung veranlaßt. Komplexverbindungen setzen im allgemeinen die physiologische Wirkung eines Metalls herab. Nach Tatterfield und Ro-

[1]) Wortmann: Wein und Rebe, 1909, Bd. 1.
[2]) Killing: Wein und Rebe, 1919, Bd. 1; 1920, Bd. 2.

berts[1]) sind die aromatischen Verbindungen der Kohlenwasserstoffe und ihrer Halogene im allgemeinen giftiger als die Verbindungen der aliphatischen Reihe, und durch Substitution eines oder mehrerer Wasserstoffe in einem Ring oder einer Kette durch bestimmte Elementgruppen (Methylamin, Dimethylamin, Hydroxyl usw.) kann der Giftwert der Verbindung stark gesteigert werden. Von den im Pflanzenschutz angewandten insektiziden Magengiften sind die Arsensalze giftiger als Bariumchlorid, und unter den Arsensalzen übertreffen die Schweinfurter Grün-Präparate (Kupferazetatarsenit) das vielbenutzte Bleiarsenat an Giftigkeit (vgl. S. 146). Über die Giftwirkung von Seifenlösungen vgl. S. 196.

Außer von der stofflichen Zusammensetzung hängt die Wirksamkeit der Mittel oft noch von physikalischen Eigenschaften ab, von denen für die Spritzmittel die Benetzungs-, Haft- und Schwebefähigkeit (vgl. S. 157, 164, 162), für Vergasungsmittel Dampfdruck und Flüchtigkeit (vgl. S. 348) von Bedeutung sind.

Unter den chemischen Verbindungen und hauptsächlich unter den Verbindungen der Schwermetalle finden sich viele, die eine vorzügliche Giftwirkung auf die lebende Substanz zeigen und daher als Desinfektionsmittel viel Verwendung finden. Trotzdem sind diese Stoffe im Pflanzenschutz als Spritz- und Stäubemittel vielfach nicht verwendbar, da sie mit den Schädlingen auch zugleich die behandelten Pflanzen schädigen. Es kommen als Spritz- und Stäubemittel zur Behandlung wachsender Pflanzenteile von den stärkeren Giften nur die wasserunlöslichen Salze in Frage; wasserlösliche Metallsalze müssen daher in eine für die Pflanze unschädliche Form übergeführt werden, wozu sich in der Regel die Hydroxyde, Karbonate und die schwerlöslichen basischen Salze der Metalle eignen. In Ländern, in welchen die Zusammensetzung chemischer Pflanzenschutzmittel überwacht wird, bestehen z. B. für die Arsenmittel strenge Bestimmungen über den zulässigen Maximalgehalt an wasserlöslichen Bestandteilen. An sich sind diese unlöslichen Metallsalze ohne Wirkung auf die Schädlinge; ihre Giftwirkung kommt dadurch zustande, daß bei den Fungiziden durch die Atmosphärilien (Kohlensäure und Feuchtigkeit der Luft) oder durch Ausscheidungen der Blätter oder Stoffwechselprodukte der Pilze geringe, zur Abtötung der Pilze ausreichende, die Pflanze jedoch noch nicht schädigende Spuren des Mittels in eine wasserlösliche, ionisierbare Form übergeführt werden, und daß bei den Magengiften eine Lösung der Stoffe erst im Darmkanal der Schädlinge durch die sauren Verdauungssäfte erfolgt. Mit zunehmender Feinheit der wasserunlöslichen Stoffe wächst die Oberflächengröße und damit auch die

[1]) Tatterfield und Roberts: Journal of Agric. Science, 1920.

Giftwirkung, es wird daher immer wieder angestrebt, die Feinheit der Körnchengröße soweit zu steigern, daß die Mittel dem Wesen der kolloidalen Lösungen möglichst nahe kommen (vgl. hierzu S. 155, 247 und 281).

Die Giftwirkung hängt auch weiterhin von der Eigenart der Schädlinge ab. Viele Schädlinge haben eine große Empfindlichkeit gegen Mittel, die für andere Schädlinge völlig unwirksam sind. So lassen sich Mehltaupilze mit Schwefel und Schwefelpräparaten bekämpfen, während für die Peronospora der Weinrebe und für Fusicladium des Kernobstes kupferhaltige Verbindungen die bisher besten Bekämpfungsmittel sind. Unter den tierischen Schädlingen sind die Spinnmilben bekannt wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber Schwefelpräparaten und wegen ihrer großen Widerstandsfähigkeit gegenüber Blausäure; sie zeigen also Eigenschaften, die völlig von denen anderer Arthropoden verschieden sind. Auch innerhalb der einzelnen Gruppen zeigen sich große Verschiedenheiten; so sind die Raupen des Ringelspinners sehr arsenanfällig, während Schwammspinner- und Goldafterraupen gegen Arsengifte größere Widerstandsfähigkeit zeigen (siehe S. 146). Daß die Giftwirkung eines Mittels auch abhängig ist von dem Entwicklungsstadium, in welchem sich der Schädling gerade befindet, ist natürlich, da z. B. bei den Pilzen einerseits das vegetative Myzel, andererseits die ruhenden, meist durch stärkere Membranen geschützten Sporen verschiedene Grade der Empfindlichkeit zeigen, und da auch z. B. bei Bekämpfung der tierischen Schädlinge für Schmetterlingsraupen andere Mittel in Frage kommen wie für die zugehörigen Falter und Schmetterlingseier. Die Giftwirkung hängt weiterhin vom Alter der Tiere und bei den Insektenlarven noch von der Häutung ab; junge Raupen sind in der Regel anfälliger als alte, und nach der Häutung ist die Empfindlichkeit der Larven größer als kurz vor der Häutung. Auch individuelle, durch den Ernährungszustand oder durch andere unbekannte Ursachen bedingte Verschiedenheiten können für den Erfolg der Bekämpfung störend in Erscheinung treten.

Für die Schädlingsbekämpfung ist es weiter wichtig, daß chemische Mittel, welche infolge zu geringer Dosen oder aus sonst unbekannten Ursachen nicht zur Abtötung der Tiere geführt haben, den Bekämpfungszwecken unerwünschte Folgen mit sich bringen können. Es kommt hier zunächst die Giftgewöhnung der Schädlinge an die Giftmittel und damit eine Steigerung der Widerstandsfähigkeit der Schädlinge in Frage. Die Giftgewöhnung kann auf einer Zunahme des Entgiftungsvermögens der Organismen beruhen, also auf der Fähigkeit, die Wirkung der Gifte durch Gegengifte (Antitoxine) aufzuheben; sie ist in sehr vielen Fällen aber auch als natürliche Auslese zu erklären, indem nur die widerstandsfähigsten Individuen in erster Linie zur Fortpflanzung kamen. So

berichtet R. S. Woglum[1]), daß in gewissen Teilen Kaliforniens die Zunahme der Immunität der Citrusschildläuse gegenüber dem Blausäuregas, die auf die ständige Anwendung der Blausäure zurückzuführen ist, solchen Umfang angenommen hat, daß eine einzige Behandlung selbst bei Verwendung stärkerer Dosen nicht mehr ausreichend wirkt. Da eine doppelte Vergasung aber zu teuer und zu unbequem ist, verlangen die dortigen Bauern dringend nach einer neuen wirksameren Methode. — Weiterhin kann die Nachwirkung nicht tötlich wirkender Giftmengen unter Umständen eine heilende Wirkung nach sich führen, wie in der Humanmedizin auch Arsen- und Quecksilbermittel in geringen Dosen zur Heilung anderer Krankheiten verwendet werden. In der Tat konnte W. Speyer[2]) nachweisen, daß polyederkranke Seidenraupen durch Aufnahme geringer Arsenmengen von ihrer Polyederkrankheit in gewissem Sinne geheilt wurden. Die Arsenanwendung würde also bei einer Raupenkalamität, bei der die Polyederkrankheit ausgebrochen ist, unter Umständen zu einer Unterdrückung der Polyederkrankheit und zur Verlängerung der Raupenkalamität führen. Wie groß andererseits die Nachwirkung geringer Arsengaben auf die Nachkommenschaft ist, konnte Speyer in der gleichen Arbeit zeigen: die überlebenden, mit Arsen gefütterten Schwammspinnerraupen kamen zur Verpuppung, zur Falterbildung, zur Begattung und zur Eiablage, aber aus den Eiern entwickelte sich nicht ein Tier, während im unbehandelten Kontrollversuch Hunderte von Raupen aus den Eiern schlüpften.

Sind die Wirkungen der Mittel je nach Art der Schädlinge, der Mittel und der mannigfaltigen Außenfaktoren auch recht verschiedenartig, so werden sie doch alle von derselben Gesetzmäßigkeit geleitet, die wir überall in der Natur als Abhängigkeit des gesamten Lebensgeschehens eines Individuums von der Außenwelt und letzten Endes als Ursache und Wirkung in jedem Lebensprozeß erkennen. Neuerdings hat E. Janisch[3]) versucht, diese Gesetzmäßigkeit biologisch-mathematisch durch das von ihm aufgestellte Exponentialgesetz zu erfassen. Die Kenntnis dieser Gesetzmäßigkeit gibt die Möglichkeit, durch Anwendung chemischer Mittel oder durch sonstige Maßnahmen den Ablauf in bestimmtem Sinne abzuändern.

---

[1]) Woglum, R. S.: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 536.

[2]) Speyer, W.: Zeitschrift für angew. Entomologie, 1925, Bd. 11, Heft 3.

[3]) Janisch, E.: Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. Berlin 1927. — Derselbe: Das Exponentialgesetz und seine Bedeutung für die Pflanzenschutzforschung. Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für angew. Entomologie, 1920.

Die Giftwirkung der chemischen Mittel kann endlich auch noch von bestimmten Außenfaktoren abhängig sein. Licht, Wärme und Feuchtigkeit spielen z. B. bei der Vergasung mit Blausäure eine große Rolle. Im allgemeinen werden die Vergasungen in möglichst trockenen, nicht zu warmen Gewächshäusern während der Nachtstunden ausgeführt. Ob auch das Licht oder irgendwelche fluoreszierende Farbstoffe als Sensibilatoren an der Giftwirkung sich beteiligen, wie es z. B. beim Eosin der Fall ist — nach Dewitz[1]) gehen mit Eosinhafer gefütterte weiße Mäuse im Sonnenlicht in 3 bis 4 Stunden ein — ist bisher unbekannt.

e) Schädigungen durch chemische Mittel

Die allgemeine Giftwirkung mancher chemischer Pflanzenschutzmittel auf lebendes Eiweiß birgt die Möglichkeit einer Schädigung und Vergiftung der behandelten Pflanzen, eine Gefährdung von Menschen und Haustieren und eine ungünstige Beeinflussung der Bodenverhältnisse in sich.

Beschädigungen der Pflanzen sind am häufigsten bei Anwendung bestimmter Spritz-, Stäube- und Vergasungsmittel, die ätzende Bestandteile in Form von freien Säuren (vgl. Arsenmittel S. 234 und Blausäure S. 356) oder sonstige schädigende Stoffe (vgl. Karbolineum S. 209) enthalten. Durch Abtötung bestimmter Gewebeteile an Blättern und Stengeln entstehen Flecken, Verfärbungen und Vertrocknungen, die als „Verbrennungen" oder „Verbräunungen" bezeichnet werden. Verbrennungen können verursacht werden 1. durch unbrauchbare Mittel, 2. durch brauchbare Mittel, die in falscher Weise hergerichtet oder in zu starker Konzentration angewandt sind, 3. durch Kombination von Mitteln, die, wie die Schwefelkalkbrühe und Schweinfurter Grün, leicht chemisch miteinander in Reaktion treten und dabei schädliche Verbindungen entstehen lassen. Durch Zusatz kolloidaler Hilfsstoffe, wie z. B. Kalziumkaseinat und Leim, kann die chemische Reaktion und damit auch die Entstehung dieser Verbindungen oft verhindert und die Gefahr der Blattverbrennungen stark vermindert werden. Oft hängt das Auftreten von Beschädigungen jedoch weniger vom Mittel und von seiner Anwendung, als vielmehr von der Witterung ab. Spritzschäden sind bei warmem, trockenem Wetter wegen der raschen Eintrocknung der Spritzflecken seltener als bei bewölktem Himmel und feuchter Witterung; sie werden durch hohe Luftfeuchtigkeit und hohe Temperaturen sehr begünstigt und sind daher besonders häufig bei Gewächshausbehandlungen mit Blausäuregas und Arsenmitteln. Aber auch im Freiland zeichnen sich regenreiche Jahre,

[1]) Dewitz: Landwirtschaftl. Jahrbücher, 1921, Bd. 56, 1. Ergänzungsband, S. 125.

wie z. B. das Jahr 1926, durch stärkere Verbrennungen aus, die auch durch an sich brauchbare Spritz- und Stäubemittel verursacht werden. In feuchten Jahren werden durch die Witterungseinflüsse einmal größere Mengen des Giftbelages in Lösung gehen und ätzend oder osmotisch schädigend auf die Gewebe wirken, dann aber wird in solchen Jahren die Cuticula vieler Pflanzenteile (Blätter und Früchte) nur schwach ausgebildet, so daß diese Pflanzenteile besonders leicht durch freie arsenige Säure oder durch allzu reichlichen Kalküberschuß bei der Bespritzung mit Kupferkalkbrühe angeätzt werden. In den mit Schwefel behandelten Weinbergen begünstigt eine zu intensive Besonnung die Bildung höherer Oxydationsstufen des Schwefels (Schwefelsäure) und ruft daher ebenfalls leicht Blattbeschädigungen hervor. Bei starker Sonnenbestrahlung durchgeführte Spritzungen ziehen häufig stärkere Pflanzenbeschädigungen nach sich, indem die einzelnen Spritztröpfchen durch Brennlinsenwirkung auf die unterliegenden Gewebeteile einwirken, wobei klare Spritzlösungen eher zu Beschädigungen führen als trübe Spritzbrühen. Pflanzenbeschädigungen hängen endlich noch ab von der Empfindlichkeit der Sorte der Kulturpflanze: so haben sich z. B. die Apfelsorten Cox-Orange-Reinette, Berlepsche Goldreinette und Wintergoldparmäne als sehr empfindlich gegen Schweinfurtergrün-Präparate erwiesen.

Pflanzenbeschädigungen durch Anwendung chemischer Mittel können in solchem Ausmaße auftreten, daß die Pflanze ihre gesamten Blätter abwirft oder sogar ganz eingeht. Ein Absterben der Pflanzen entsteht leicht bei Verwendung ungeeigneter oder nicht richtig angewandter Karbolineumsorten, auch soll nach Headden[1]) Rinden- und Holznekrose und ein Absterben von Bäumen infolge jahrelang wiederholter starker Anwendung von Arsenmitteln beobachtet worden sein. Bei der in Deutschland in mäßigem Umfang durchgeführten Arsenanwendung im Obst- und Weinbau sind derartige Schädigungen noch nicht beobachtet worden und auch bei sachgemäßer Anwendung nicht zu befürchten.

Eine Gefährdung von Menschen und Haustieren ist besonders bei den quecksilber-, arsen-, fluor- und blausäurehaltigen Bekämpfungsmitteln zu befürchten. Einzelne Unglücksfälle, die in selbstmörderischer Absicht oder durch Unvorsichtigkeit bei der Aufbewahrung und Handhabung der Mittel verursacht sind, werden niemals ganz vermieden werden können. Todesfälle durch Schädlingsbekämpfungsmittel liegen vor bei fluorhaltigen Präparaten, die zur Ratten- und Küchenschabenbekämpfung unter nichtssagenden Phantasienamen in den Handel kommen und leicht zu Verwechselungen mit Natriumbikarbonat Veran-

[1]) Headden: Agr. Experiment Station Colorado, Bull. 131, 1908.

lassung gegeben haben, weiter bei Blausäuredurchgasungen, bei denen die notwendigen Vorsichtsmaßregeln außer acht gelassen wurden. Trotz dieser Vergiftungsmöglichkeiten lassen sich die Gefahren durch geeignete Vorsichtsmaßregeln hinsichtlich der Handhabung und Aufbewahrung und durch gesetzliche Bestimmungen hinsichtlich des Verkaufs und der Verpackung doch derartig vermindern, daß einer Anwendung dieser Mittel zur Schädlingsbekämpfung nichts im Wege steht. Die Stellungnahme, die die einzelnen Staaten zu diesen wichtigen Fragen einnehmen, ist sehr verschieden. Während z. B. die Vereinigten Staaten von Amerika entgegen ihrer sonstigen scharfen Kontrolle der chemischen Pflanzenschutzmittel der Anwendungsmöglichkeit der Mittel keine Beschränkungen auferlegen und einen jeden die Verantwortung selbst tragen lassen, haben die europäischen Staaten der Verwendung giftiger und hochgiftiger Stoffe ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Art der Regelung des Verkehrs mit giftigen Stoffen ist dabei je nach der Giftigkeit verschieden. Für die Anwendung von leichteren Giften können allgemeine Vorsichtsmaßregeln bekannt gegeben werden und der Bezug der Mittel kann nur auf Giftschein erfolgen (z. B. Arsenmittel). Weiterhin kann von einer Empfehlung eines Mittels durch die staatlichen Institute und Behörden Abstand genommen werden, oder aber es wird direkt vor Anwendung bestimmter Mittel gewarnt. Bei hochgiftigen Stoffen, wie z. B. der Blausäure, kann eine Allgemeinanwendung gesetzlich verboten und die Benutzung nur besonders ausgebildeten Personen übertragen werden.

Wichtiger als die durch Unvorsichtigkeit entstehenden Unglücksfälle ist die Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch Genuß der mit Giften behandelten Pflanzen (Obst, Gemüse). Es sind hier insbesondere die Arsenmittel, die auf Grund ihrer häufigen Anwendung im Obst- und Weinbau beachtet werden müssen. Arsensalze zählen einerseits mit zu den starken Giften, die in geringen Dosen schon tödlich wirken (tödliche Dosis für den Menschen 0,1 g), andererseits kommen sie in ganz geringen Mengen in vielen menschlichen Genuß- und Nahrungsmitteln (Hühnereiweiß, Erbsen, Karotten, Kartoffeln, Fischen, Muscheln), in vielen Heilquellen (insbesondere in den stark-arsenhaltigen Mineralquellen von Leviko und Roncegno) und selbst im menschlichen Körper vor. Diese Doppelseitigkeit des Arsens führte dazu, daß die Arsenmittel einmal als für Menschen und Haustiere harmlose Bekämpfungsmittel dem Praktiker empfohlen wurden, daß andererseits besonders in den ersten Jahren der Anwendung allzu ängstlich vor jedem Gebrauch der Arsenmittel gewarnt wurde. Die bisherigen Erfahrungen und durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß bei Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln Vergiftungen von Menschen und Haustieren nicht zu befürch-

ten sind. Die den Pflanzen während der Wachstumsperiode aufgespritzten oder aufgestäubten Arsenmengen sind so gering, daß sie zur Zeit der Ernte unter der Schädlichkeitsgrenze bleiben und im allgemeinen keine Gefahr mehr für Menschen und Haustiere darstellen. So konnten bei amerikanischen Versuchen Pferde und Kühe, die allerdings sehr arsenfest sind, und für welche die minimale letale Dosis nach M. Willberg[1]) 10 bis 15 g bzw. 15 bis 30 g arsenige Säure beträgt, längere Zeit mit arsenhaltigem Heu gefüttert werden, und auch Kaninchen (letale Dosis 0,01 g arsenige Säure) vertrugen mit Arsen behandelte Kohlblätter ohne Schädigungen. Untersuchungen von R. Lehmann[2]) über den Arsengehalt von Gemüse nach der Behandlung mit Schweinfurtergrün zeigten, daß in 10 g Trockensubstanz (= 100 g Frischsubstanz) eine nennenswerte Menge (2,49 mg) nur unmittelbar nach der Behandlung nachweisbar, daß aber vier Wochen nach der Behandlung und nach erfolgter Reinigung und nach Entfernung der ältesten, äußeren Blätter der Genuß des Gemüses ungefährlich war. Immerhin ergaben die von C. Schätzlein[3]) durchgeführten Versuche, daß 1 kg Rebblätter (Frischgewicht) kurz nach der Arsenbespritzung 62,9 mg Arsen, nach vier Wochen 13,5 mg und nach acht Wochen 9,7 mg Arsen enthielten, daß also bei Verfütterung von frisch gespritztem Laub an Vieh Vorsicht zu üben ist (Mischen mit unbehandeltem Laub); ferner fand Schätzlein, daß ein dreimaliges Abwaschen der gespritzten Trauben den Arsengehalt infolge der guten Regenbeständigkeit der angewandten Spritzmittel kaum (von 1,2 auf 1,15 mg Arsen pro 1 kg Frischgewicht) mindert, daß also der Genuß größerer Mengen gespritzter Beeren unbedingt zu vermeiden ist.

Eine wichtige Frage ist, ob man gebeiztes Getreide, das nicht mehr zur Aussaat gekommen ist, durch Verfütterung an Vieh noch verwerten kann. Ist das Getreide mit Formaldehyd gebeizt, so kann nach guter Waschung und längerer Ausdünstung des zum Trocknen ausgebreiteten Getreides das gebeizte Saatgut dem Futter beigemischt werden. Bedenklicher erscheint die Verfütterung des mit Quecksilbermitteln gebeizten Saatgutes. Eine Reihe von Versuchen haben jedoch gezeigt, daß Restbestände von mit Quecksilber gebeiztem Getreide durch Beimischung kleinerer Gaben zum normalen Futter verfüttert werden können. So berichten Müller und Molz[4]) über Verfütterung von Saatgut, das mit

[1]) Willberg, M.: Biochemische Zeitschrift 1913, S. 231.

[2]) Lehmann, R.: Wein und Rebe, 1920, S. 557.

[3]) Schätzlein, C.: Der Weinbau der Rheinpfalz, 10. Jahrg., 1922, S. 186.

[4]) Müller und Molz: Landwirtschaftliche Wochenschrift für die Provinz Sachsen, 27. Jahrg., 1925, S. 670. — Vgl. auch Siegwardt, W.: Nachrichtenbl. für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 7. Jahrg., 1927, S. 77.

verschiedenen Trockenbeizmitteln behandelt war, an Geflügel, bei der keine Vergiftungen oder sonstige Schädigungen sich zeigten; nach O. Hagemann[1]) konnte von dem mit Germisan gebeizten Getreide täglich 1 kg an ein Schwein und 50 g an ein Huhn ohne Schaden verfüttert werden, und nach Burk[2]) vertrugen Hühner 2 Monate lang täglich je 75 g, Schweine einen Monat lang täglich je 375 g und Kaninchen einen Monat lang täglich je 80 g mit Tillantin B gebeizten Weizen ohne Gesundheitsstörung.

Auch der Einfluß arsenhaltiger Nahrung auf die Milchdrüsen wurde in Versuchen des Reichsgesundheitsamtes festgestellt. Die Milch einer Ziege, der unter den gebotenen Vorsichtsmaßregeln in steigender Menge von 5 bis 100 mg arsenige Säure täglich zugeführt wurden, enthielt am 24. Versuchstage, nachdem zum erstenmal eine höhere Dosis von 50 mg arsenige Säure gegeben war, ganz geringe Mengen Arsen (0,06 mg im Liter), während im Harn der Ziege von Anfang an Arsen nachzuweisen war. Diesen günstigen Versuchsergebnissen gegenüber konnte aber auch in amerikanischen Versuchen[3]) gezeigt werden, daß mit Bleiarsenat behandeltes Heu bei langdauernder Fütterung Kühen ernstlich schadet; die Organe zeigten infolge der akkumulierenden Wirkung des Bleis bedeutende Mengen Blei, während Arsen, das durch die Nieren wieder ausgeschieden wird, nur in Spuren in den Organen nachweisbar war.

Die Einfuhr amerikanischer Äpfel nach Europa hat die Gesundheitsbehörden der europäischen Staaten auch auf die in Amerika übliche starke Arsenbehandlung der Obstbäume bis zur Erntezeit aufmerksam gemacht, da die eingeführten Äpfel häufig in Kelchgruben und Stielhöhlen einen krustenartigen Arsenbelag führen. Die in England durchgeführten amtlichen Untersuchungen ergaben, daß im Höchstfall der Belag von $^1/_2$ pd kanadischer Äpfel der Minimaldosis, von $2^1/_2$ pds der Maximaldosis des britischen Arzneibuches entsprach. Auch die in Deutschland durchgeführten Untersuchungen zeigten, daß der Genuß solcher Äpfel gesundheitsnachteilig wirken kann, besonders wenn die Früchte mit den Schalen gegessen werden; die Untersuchungen ergaben u. a., daß bei einer in Bremen eingetroffenen Sendung nordamerikanischer Newtonäpfel im Spritzbelag durchschnittlich 0,56 mg arsenige Säure und 0,68 mg Kupferoxyd pro Apfel enthalten war, und daß aus Kalifornien nach Mülheim a. d. Ruhr eingeführte gedörrte Aprikosen durchweg Arsen enthielten,

[1]) Hagemann, O.: Deutsche landwirtschaftliche Presse, 1922, Bd. 49, S. 378.
[2]) Burk: Deutsche landwirtschaftliche Presse, 1923, Bd. 50, S. 389.
[3]) Paige: 24. Ann. Report Massachusetts, Agr. Exper. Stat., 1909, S. 183.

wobei in einem Fall sogar 3 mg in 100 g Obst nachgewiesen werden konnten. Einige europäische Staaten (z. B. England) weisen daher bei der an den Zollstationen durch Sachverständige ausgeführten Einfuhrkontrolle außer dem von Schädlingen (San-José-Schildlaus) befallenem Obst auch das mit Arsenbelag versehene Obst zurück.

Die ausgedehnte Anwendung der Arsenmittel im deutschen Weinbau ließ endlich auch die Befürchtung laut werden, ob durch die Arsenbehandlung nicht auch der Wein arsenhaltig und damit gesundheitsschädlich würde. Zahlreiche, an den verschiedensten Weinbauinstituten vorgenommene Untersuchungen haben gezeigt, daß die Arsenmenge mit Fertigstellung des Weines abnimmt. Als Beispiel seien die in der Forschungsanstalt für Wein- und Obstbau in Geisenheim gefundenen Zahlen[1]) angeführt:

	In 100 g		In 100 ccm			
	Trauben	Beeren	Most	Wein nach Gärung	Wein 1. Abstich	Wein verschönt
Blei . . .	0,7 mg	0,3 mg	0,8 mg	0,6 mg	0,2 mg	—
Arsen . . .	0,3 mg	0,2 mg	0,3 mg	0,2 mg	0,1 mg	0,05 mg

Der Rückgang im Arsengehalt vom Most zum Wein ist nach A. Koch[2]) und H. Bosselmann[3]) dadurch zu erklären, daß ein Teil des im Gärgute vorhandenen Arsens mit der Hefe abgeschieden wird. Die Abscheidung ist mit der Lebenstätigkeit der Hefezellen verknüpft, indem der mit den Gärgasen auftretende Schwefelwasserstoff das Arsen in kolloidales Arsensulfid überführt, das von den Hefezellen absorbiert wird. Der Arsengehalt der Hefe kann nach den Untersuchungen von Schätzlein 1922 (l. c.) 17,4 bis 50,4 mg je kg Trockensubstanz betragen, eine Menge, die arsenhaltige Hefen als Futtermittel und zur Bereitung von Hefeweinen als ungeeignet erscheinen läßt. Auch das durch das Spritzen der Reben mit Arsen-Kupferkalk-Brühe in das Gärgut übergegangene Kupfer wird nach den Untersuchungen von Bosselmann und Koch als Sulfid mit der Hefe abgeschieden. Für die praktische Kellerwirtschaft empfiehlt A. Koch, bei der Vergärung arsenhaltiger Traubenmoste die natürliche Schwefelwasserstoffentwicklung durch geringe Schwefelgaben

[1]) Vgl. Morstatt, H.: Süddeutsche Apotheker-Zeitung, 47. Jahrg., 1907, S. 874.

[2]) Koch, A.: Über das Schicksal des Arsens bei der Vergärung arsenhaltiger Obstsäfte. Inaugural-Dissertation. Berlin 1922.

[3]) Bosselmann, H., und Koch, A.: Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1923, Bd. 46, H. 1.

anzuregen und die Jungweine möglichst bald nach Beendigung der Hauptgärung einer Hausenblase-Tanninschönung zu unterziehen, durch welche noch vorhandene Mengen von kolloidalem Arsensulfid fast vollständig absorbiert und so den Weinen entzogen werden.

Die Höhe der Arsenmenge des Gärgutes wird weniger durch die Beeren als vielmehr durch die Traubenstiele („Traubenkämme") verursacht, die nach Schätzlein 20,7 bis 26,4 mg je kg enthalten können. Aber nicht alle Arsenmengen sind auf das Konto der Schädlingsbekämpfung zu setzen, da einerseits auch unbehandelte Trauben und die aus solchen Trauben bereiteten Weine bis zu 0,5 mg Arsen im Liter enthalten, und da andererseits der zum Einbrennen der Fässer benutzte Schwefel häufig Arsen (0,1 mg auf 20 g) besitzt. Bei der Verwendung von Bleiarseniat in der Schädlingsbekämpfung tritt zur „Arsenfrage" noch die Frage der Bleivergiftung. Nach Untersuchungsergebnissen der Versuchsanstalt St. Michele in Südtirol können durch Behandlung der Trauben mit Bleiarseniat bis 2,75 mg Arsen und 8,9 mg Blei im Liter enthalten sein. Blei zeigt im Gegensatz zum Arsen im tierischen Körper eine akkumulierende Giftwirkung, d. h. es wird von den Nieren nicht ausgeschieden, verbleibt vielmehr im Körper und häuft sich in den Organen an (vgl. S. 129). Bleihaltige Arsenmittel sind daher für die Schädlingsbekämpfung anders zu bewerten als bleifreie. Bleiarseniat sollte im Gemüsebau vermieden und im Wein- und Obstbau nur zur Frühjahrsbehandlung angewandt werden; für die spätere Behandlung von Obst und Reben, vom Monat Juli ab, ist es nach Ansicht der meisten Versuchsanstalten unbedingt abzulehnen.

Von unseren Haus- und Nutztieren sind die Bienen am stärksten durch die Arsenbehandlung der Pflanzen bedroht. Die in Deutschland von E. Zander[1]) und in Amerika u. a. von R. W. Doane[2]) durchgeführten Versuche ergaben, daß durch Arsenspritzmittel eine ernstliche Gefährdung der Bienen nicht zu befürchten ist, wenn nicht gerade während der vollen Blüte gespritzt wird. Unter Umständen können aber Arsenstäubemittel größere Verluste an Bienenvölkern bewirken, insbesondere haben nach Hilgendorff und Borchert[3]) die in Deutschland durchgeführten sogenannten „Arsenbeflüge", bei welchen zur Erhaltung großer Waldbestände Arsenstäubemittel in reichlichen Mengen von Flugzeugen aus über die bedrohten Gebiete verstäubt werden, ein Massen-

[1]) Zander, E.: Zeitschrift für angew. Entomologie, 1924, Bd. 10, S. 235.
[2]) Doane, R. W.: Journal of economic Entomology, Vol. 16, 1923, S. 527.
[3]) Hilgendorff und Borchert: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1926, S. 37.

sterben der Bienen verursacht. Nach den von Hilgendorff durchgeführten chemischen Analysen enthielten einerseits die in den arsenbestäubten Waldparzellen eingegangenen und erkrankten Bienen die für Bienen tödliche Arsenmenge; andererseits stellte auch der in diesen Bezirken von den Bienen in die Waben eingetragene Pollen eine für die Bienen tödliche Nahrung dar, während der Honig arsenfrei war. Es ist wahrscheinlich, daß die Bienen den Arsenstaub durch „Höseln" gesammelt und eingetragen haben, wie sie normalerweise den Blütenstaub und auch oft irrtümlicherweise Sägemehl und Pilzsporen eintragen. Zur Vermeidung von Bienenverlusten ist es notwendig, eine Bespritzung der Obstbäume während der Blüte zu unterlassen und bei der Behandlung größerer Kulturbestände mit Arsenstäubemitteln die Bienenvölker vorher zu entfernen und sie erst nach stärkerem Regenfall oder einige Wochen nach der letzten Behandlung wieder auf ihre alten Stände zu bringen.

Nach allen bisher vorliegenden Erfahrungen kann man zusammenfassend sagen: Die Vergiftungsgefahr beim Gebrauch arsenhaltiger Mittel im Pflanzenschutz ist nicht sehr groß, wenn man bei der Aufbewahrung, bei der Zubereitung und der Anwendung der Arsenmittel die notwendigen Vorsichtsmaßregeln [1]) beachtet. Die Behandlung wird im Obstbau nach Möglichkeit im Frühjahr und im Sommer, immer jedoch einige Wochen vor der Ernte vorgenommen; da der Spritzbelag durch Regen vermindert und durch das Wachsen der Früchte lückenhaft und dünn wird, ist eine Vergiftung durch Genuß solcher Früchte dann nicht mehr zu befürchten. Bedenklich ist die Arsenverwendung bei dem schon im Sommer geernteten Beerenobst, das vor dem Gebrauch gut zu waschen ist und kurz vor der Ernte nicht mehr gespritzt werden sollte. Abzulehnen ist die Arsenverwendung bei Gemüse (Spinat, Salat, Kohl usw.), da auch durch Abwaschen die oft große Regenbeständigkeit zeigenden Spritzflecken nicht völlig zu entfernen sind. Wenn auch in der Literatur und leider auch in der Tagespresse die Harmlosigkeit der Arsenmittel oft durch Angaben scheinbar bewiesen wird, daß ein Mensch erst eine größere Anzahl (20 bis 30) arsenbespritzter Kohlköpfe in einer Mahlzeit verzehrt haben müßte, um die tödliche Dosis eingenommen zu haben, so ist das, wie jeder weiß, der mit Arsenstäubemitteln gearbeitet hat, eine Spielerei mit Zahlen, die in der Praxis oft ganz anders ausfallen können. Es handelt sich bei den Arsenmitteln immer um Gifte, die auch für den Menschen und die Haus-

---

[1]) Vorsichtsmaßregeln zur Verhütung von Unglücksfällen beim Gebrauch von arsenhaltigen Mitteln gegen Pflanzenschädlinge. Bearbeitet vom Reichsgesundheitsamt und der Biologischen Reichsanstalt. Beilage zum Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922, Nr. 6.

tiere gefährlich sind und die dem Praktiker niemals ohne Vorsichtsmaßregeln und als völlig harmlose Mittel empfohlen werden können.

Eine Gefährdung unserer Haustiere (Geflügel) durch Fressen von arsenvergifteten Insekten ist nach den bisherigen Erfahrungen nicht zu befürchten, da die von den Schädlingen aufgenommenen Giftmengen für das Hausgeflügel nicht schädlich sind. So werden in Kleinasien die arsenvergifteten Heuschrecken häufig als Hühnerfutter benutzt, Wachteln sind in Frankreich mit arsenvergifteten Koloradokäfern und Hühner in Deutschland mit vergifteten Tipulalarven gefüttert worden.

Die Möglichkeit einer ungünstigen Beeinflussung des Bodens liegt bei der Anwendung von Spritz- und Stäube-, Köder- und Beizmitteln vor. Die fortgesetzte, jährlich wiederholte Anwendung arsenhaltiger Mittel im Obst- und Weinbau und die bei Verwendung von Arsen-Kleieködern zur Tipulabekämpfung in größerer Menge in den Boden gebrachten Arsensalze lassen Bedenken laut werden, ob im Laufe der Jahre der Boden nicht so stark mit Arsen angereichert wird, daß die Pflanzen in ihrer Entwicklung nachteilig beeinflußt werden. Eine Berechnung der bei den genannten Methoden in den Boden gebrachten Arsenmengen ergibt, daß diese Mengen im Vergleich zu dem normalen Arsengehalt des Bodens (0,187 bis 0,6 mg auf 100 g) gering sind. Das in Form der sehr schädlichen arsenigen Säure in den Boden kommende Arsen aber wird nach Schätzlein[1]) und anderen Autoren im Laufe der Zeit durch gewisse basische Bodenbestandteile zu schwer löslichen, daher für die Pflanze unschädlichen Salzen gebunden. Eine weitere Entgiftung des Arsens erfolgt durch Kalk und andere die arsenige Säure bindende Düngemittel, die in Form von natürlichen oder künstlichen Düngemitteln in den Boden gebracht werden. Mit bestimmten Düngesalzen, insbesondere mit Ammoniumsulfat, das stets arsenhaltige Verunreinigungen aufweist, werden jährlich weit größere Arsenmengen in den Boden gebracht, als sie bei Anwendung arsenhaltiger Mittel in Frage kommen. Bei geringen Arsenzusätzen zum Boden wurden sogar Stimulierung des Pflanzenwachstums und Ertragsteigerungen beobachtet. Auch eine Fluoranreicherung im Boden bei Verwendung von Fluornatrium-Kleieködern zur Tipulabekämpfung ist nicht zu befürchten, da das giftige Natriumfluorid in das schwer lösliche und für Pflanzen unschädliche Fluorkalzium überführt wird.

Sind über nachteilige Folgen der jahrelangen Anwendung bestimmter arsenhaltiger Kunstdünger Bedenken geäußert worden, so trifft dies auch für die in jedem Jahre gleicherweise durchgeführte Getreidebeizung mit

[1]) Schätzlein: Anzeiger für Schädlingskunde, 1925, Bd. 1, S. 25.

quecksilber- und arsenhaltigen Beizmitteln zu. Es ist bekannt, daß sich Pflanzen an Gifte anpassen und selbst größere Mengen des Giftes aufnehmen. Auch für quecksilberhaltige Beizmittel fand Heubner[1]), daß nicht nur die gebeizten Weizenkörner Quecksilber aufnahmen, sondern daß die spätere Weizenpflanze und selbst noch die Körner der neuen Ernte meßbare Quecksilbermengen enthielten. Die gegen eine ständige Verwendung quecksilberhaltiger Beizmittel erhobenen Bedenken befürchteten, daß die durch zunehmende Aufnahme dieser Gifte bedingte Veränderung der Pflanze eine ähnliche Beeinflussung der Backfähigkeit des Mehles und der Verdaulichkeit des daraus gebackenen Brotes bewirken könne, wie man es bei ständiger Anwendung bestimmter Kunstdünger beobachtet hat. Man ist sogar so weit gegangen, die in den letzten Jahrzehnten immer mehr zunehmenden Verdauungsstörungen und Magenerkrankungen zum Teil auf diese Beiz- und Düngemittel zurückzuführen, eine Annahme, die bisher jeder Unterlage entbehrt. Gewiß wäre es wünschenswert, wenn die quecksilberhaltigen Beizmittel durch andere, ebenso wirksame Mittel ersetzt werden könnten, nicht aber, weil Gesundheitsstörungen durch ihre beständige Verwendung zu befürchten wären, sondern weil die Quecksilberbeizen kostspielig sind und zu ihnen Material verwandt wird, das wir vom Ausland beziehen müssen.

f) Stimulationswirkungen der chemischen Mittel

Neben der „Giftwirkung" ist bei vielen chemischen Pflanzenschutzmitteln eine „Stimulationswirkung" auf die lebenden Zellen beobachtet worden. Die ersten Beobachtungen wurden um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gemacht, eine größere Bedeutung hat die Stimulationsfrage für die Pflanzenschutzpraxis aber erst im Anschluß an die Saatgutbeizung seit Anfang dieses Jahrhunderts erhalten.

Schon die dem menschlichen Genuß dienenden Narkotika, wie Nikotin, Alkohol, Koffein usw., wirken, wie bekannt, in ganz geringen Dosen dem Organismus zugeführt, stimulierend, d. h. anregend und fördernd, in mittleren Dosen lähmend, in größeren Dosen jedoch tötend auf die lebenden Zellen. Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Stufenleiter der Wirkungsweise gesetzmäßig allen Giftstoffen zukommt. Die Stimulationswirkung eines Stoffes ist also eng verknüpft mit dessen Giftwirkung.

Als „Stimulation" bezeichnet man die durch ganz geringfügige Einflüsse irgendwelcher Art bewirkte Änderung im labilen Aufbau des Proto-

[1]) Heubner: Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 1926, Bd. 111, S. 41.

plasmas, die eine Steigerung der Lebensprozesse zur Folge hat. Die Einflüsse können sein a) physikalischer Art, indem z. B. durch Quellung (Wasseraufnahme) oder durch Bestrahlung mit radioaktiven Strahlen der Keimling des Samenkornes zur vorzeitigen Entwicklung angetrieben wird, b) chemischer Art, indem chemische Stoffe durch Reizwirkung Wachstum und Entwicklungsvorgänge beschleunigen. — Das Quellungsverfahren ist u. a. bei Erbsen-, Bohnen-, Gurken- und Kürbissaatgut gärtnerisch schon lange im Gebrauch; auch das durch Warmwasserbäder geübte Frühtreibverfahren der Blumenzüchter ist durch Quellungsvorgänge zu erklären. Die durch Reizwirkung chemischer Stoffe auf den Protoplasten bewirkte Stimulation ist bei den verschiedensten Chemikalien gefunden worden, so bei Mangan-, Magnesium-, Kupfer-, Arsen- und Eisensalzen, bei Blausäure, Schwefelkohlenstoff, Phenolen und Ölemulsionen und besonders bei quecksilberhaltigen Beizmitteln.

Die Wirkungsweise der Mittel bei der Stimulation ist uns noch ebenso unbekannt wie die Giftwirkungsweise dieser Mittel. Häufig wurden, je nach der Art des Mittels, Oxydations- oder Reduktionsvorgänge der Stimulation zugrunde gelegt. Insbesondere war es Popoff, der Desoxydationsvorgänge für ausschlaggebend hielt. Nach seiner Theorie hemmt Sauerstoffanreicherung die Tätigkeit des lebenden Protoplasten; durch reduzierende Mittel wird bei der Stimulation der hemmende Sauerstoff entfernt und das lebende Eiweiß zur Beschleunigung der inneren Atmung und zur Steigerung der Fermentbildung und zur Erhöhung der Lebensenergie angeregt. Die Beschleunigung der Oxydationsprozesse in der lebenden Zelle hat häufig auch eine Beeinflussung des Wachstums und der Vermehrung der Zelle zur Folge. Popoff legte allen Stimulationserscheinungen Reduktionsvorgänge zugrunde, eine Annahme, die sicherlich bei sauerstoffhaltigen und sauerstoffabspaltenden Stimulationsmitteln und auch für die auf Quellungsvorgängen beruhenden Stimulationserscheinungen nicht zutrifft.

Die chemischen Mittel, bei denen eine stimulierende Wirkung festgestellt wurde, sind in erster Linie an ruhenden Pflanzenteilen zur Anwendung gekommen. Einmal waren es Stecklinge, Pfropfreiser, Knollen oder in Winterruhe befindliche Pflanzen, die zu vorzeitiger Laubentwicklung und Wurzelbildung angeregt wurden. Dann aber fand man im Anschluß an die Saatgutbeizung, daß bei optimaler Konzentration und optimaler Einwirkungsdauer eine günstigere Keimfähigkeit, eine bessere Entwicklung der ersten Blätter und eine Beschleunigung des ersten Wachstums erzielt wurde. Jedoch auch im späteren Wachstum der Pflanzen konnten häufig noch die Wirkungen einer Stimulation verfolgt werden; so war es möglich, bei Radieschen und Kartoffeln höhere Ernte-

erträge und bei Rüben höhere Erträge und höheren Zuckergehalt zu erhalten. Diese Tatsache hat Veranlassung gegeben, daß von Popoff und seinen Mitarbeitern die Stimulation nicht als eine einfache Reizwirkung aufgefaßt wurde, sondern daß man annahm, daß durch eine einmalige Reizwirkung das ganze spätere Verhalten der Pflanze und sogar das der Nachkommen von Grund auf geändert würde und so nachwirkende Wachstumsvorgänge und Ertragssteigerungen erhalten werden könnten. Die Bedeutung der Stimulation wurde nach den ersten günstigen Versuchsergebnissen sehr stark überschätzt. Es wurde der Ersatz der Düngemittel durch Stimulationsmittel für möglich gehalten und auf dem Papier schon Berechnungen vorgenommen, wie die Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse in allen Ländern gesteigert werden könnte. Man gründete industrielle Unternehmungen, verkaufte den Praktikern Mittel und empfahl ihnen eine Methode, die noch nicht ausgebaut und deren Grundlagen noch nicht sichergestellt waren. Erfolge der Stimulationsmethode liegen sicherlich vor, aber die zur Prüfung der Methode bald an vielen Stellen durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß die Popoffschen Ansichten nicht zutreffen [1]). Es liegt nach diesen Versuchen kein Grund zur Annahme vor, daß durch Stimulierung eine über die Gegenwart des Stimulationsmittels zeitlich hinausreichende Wachstumssteigerung möglich ist; die Stimulationserscheinungen sind vielmehr stets die unmittelbaren Folgen der direkten Reizwirkung der Mittel. Daß eine in ihrer ersten Entwicklungsperiode durch Stimulation geförderte Pflanze vor den nicht behandelten Pflanzen unter Umständen einen nicht unbedeutenden Vorsprung hat und diesen Vorsprung auch lange Zeit während ihrer Vegetationsperiode behalten kann, ist selbstverständlich. So sind Erfolge der Stimulationsmethode bei Ernteerträgen vegetativer Pflanzenteile (Blattgemüse, Radieschen, Rüben usw.) vorhanden; die Erfolge sind aber gering oder fraglich bei Samenerträgen, da dem ersten raschen Auflaufen des stimulierten Saatgutes meist eine langsame Wachstumsperiode folgt, in der die nicht behandelten Pflanzen den Vorsprung der stimulierten Pflanzen wieder einholen können. Aber auch hier kann im Einzelfalle eine die ganze Vegetationszeit fortdauernde und eine die Ernte beeinflussende Stimulation eintreten, wenn das Stimulationsmittel während der ganzen Zeit in der Pflanze vorhanden ist. In der Tat konnte Heubner (s. o.) nachweisen, daß Weizenpflanzen, die als Saatgut mit quecksilberhaltigen Beizmitteln (Germisan und Uspulun) gebeizt waren, in ihren Geweben und sogar noch in den Körnern der neuen Ernte Quecksilber enthielten. Bezüglich der Wachstumssteigerung fand Heubner, daß das mit

[1]) Vgl. Gaßner: Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, 1926, Bd. 54, H. 6.

Quecksilber behandelte Weizensaatgut (infolge Stimulierung oder infolge der Vernichtung der ansitzenden Krankheitserreger) größere Keimfähigkeit besaßen und daß die späteren Pflanzen längere Halme gegenüber dem unbehandelten Weizen zeigten, daß aber die Trockengewichte des stimulierten und nichtstimulierten Weizens keine Unterschiede aufwiesen. — In welchem Umfange die Stimulationsmethode in der Praxis Verwendung finden kann, wird die Zukunft lehren; zuerst aber bedarf sie der wissenschaftlichen Klärung und Ausarbeitung, bevor sie den Praktikern empfohlen werden kann.

Wenn für das Stimulationsverfahren die Frage der direkten Ernteteigerung auch die wichtigste ist, so hat es doch auch indirekt noch für die Vermehrung der landwirtschaftlichen Produktion durch Verwendung zur Schädlingsbekämpfung Bedeutung. Es ist denkbar, daß die Entwicklungszeiten der von Krankheiten und Schädlingen stark bedrohten Jugendstadien mancher Kulturpflanzen durch geeignete Stimulationsmittel verkürzt, und daß weiter durch Stimulationsmittel die Kallusbildung beschleunigt und dadurch Wunden und Veredlungsstellen schneller geschlossen werden können. Ob eine zur Immunität führende Kräftigung der Kulturpflanzen durch Stimulationsmittel möglich ist und ob der durch gewisse Düngesalze auf den Schädlingsbefall ausgeübte günstige Einfluß auf Stimulationsvorgänge zurückgeführt werden kann, ist sehr fraglich. Immerhin glaubt Hiltner, daß die die Dörrfleckenkrankheit heilende Wirkung des Mangans auf einer Stimulation des Assimilationsapparates beruht, um das durch Mineralstoffüberschuß gestörte Gleichgewicht zwischen Kohlensäureassimilation und Mineralstoffaufnahme wieder herzustellen (vgl. S. 42).

Endlich hat die Stimulation als wertvolle Nebenwirkung bei einigen Bekämpfungsverfahren für den Pflanzenschutz Bedeutung. Sie kommt insbesondere für die Beizmittel in Frage, ist aber auch wiederholt bei zahlreichen Spritzmitteln (Kupferkalkbrühe, Obstbaumkarbolineum, Ölemulsionen usw.) beobachtet worden. Auch die Anwendung der Blausäure bei Orangenbäumen zur Bekämpfung von Schildläusen hat so günstige, auf Stimulierung beruhende Ernteerhöhungen gezeigt, daß in Spanien das Blausäureverfahren bei Orangebäumen sowohl zur Bekämpfung der Schädlinge wie auch zur Erhöhung der Ernteerträge benutzt wird.

g) Prüfung der chemischen Mittel

Jeder, der chemische Pflanzenschutzmittel anwendet, hat den Wunsch, über Wirksamkeit und Brauchbarkeit der Mittel Sicherheit zu erlangen. Diese Sicherheit kann nur durch eine Prüfung der Mittel erhalten werden.

Dem Praktiker fehlen meist Zeit, Gelegenheit und die notwendigen Erfahrungen, exakte Prüfungen durchzuführen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß lange Zeit Schwindelpräparate und Fälschungen nirgendswo größeren Gewinn abwarfen, als gerade in der Pflanzenschutzpraxis. So berichtet M. Schwartz[1]) von „Kaninchen-Tabletten", deren Herstellungskosten für 50 Stück zur Zeit der Prüfung auf 56 Pfennige berechnet wurden, während der Handelspreis 7 Mark betrug. Nach K. Müller[2]) konnte im Badischen Weinbauinstitut bei der Prüfung eingesandter Mittel festgestellt werden, daß Kupfervitriol statt 90 bis 99 Proz. nur 7,9 Proz. Reinbestandteile, Tabakextrakte statt 10 Proz. nur 0,1 bis 1,7 Proz. Nikotin und daß ein Schweinfurter Grünpräparat statt 56 Proz. nur 0,4 Proz. arsenige Säure enthielt. Im Anfang versuchten die Praktiker in ihren Berufsorganisationen und Genossenschaften die Prüfung der Mittel durchzuführen. Da aber die Prüfung einerseits durchgebildete Fachleute voraussetzt, andererseits teuere Institute und kostspielige Einrichtungen erfordert, traten die Berufsorganisationen bald an die Regierungen heran, die Prüfung in staatlichen Instituten vorzunehmen. So wurde auf Verlangen und im Interesse der Praktiker, dann aber auch im Interesse der reell arbeitenden Industrie in vielen Staaten eine amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln eingerichtet (Organisation der Mittelprüfung in Deutschland s. S. 412) [3]).

Bei der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln kann man eine biologische, eine physikalische und eine chemische Prüfung unterscheiden. Die biologische Prüfung stellt durch praktische Anwendung des Mittels an Pflanzen und Schädlingen die Wirksamkeit (Giftwert) fest, die physikalische Untersuchung prüft die für den Giftwert wichtigen physikalischen Eigenschaften, während die chemische Prüfung die stoffliche Zusammensetzung feststellt und die gleichbleibende Zusammensetzung der als gut befundenen Mittel überwacht. Die chemische Untersuchung wird besonders dann schwierig, wenn mehrere, im Analysengang schwer voneinander zu trennende Elemente oder wenn leicht veränderliche, komplizierte organische Verbindungen im Präparat vorhanden sind.

Für die biologische Prüfung ist die Auswahl der Schädlinge am wichtigsten. Die artliche Verschiedenheit der Tiere ist so groß, daß die Bekämpfungsmittel oft nur für einen oder wenige Schädlinge sich eignen. Mittel gegen Nagetiere unterscheiden sich, je nachdem sie gegen Feldmäuse oder Wühlmäuse oder Ratten angewendet werden sollen. Wirk-

[1]) Schwartz, M.: Mitteilungen a. d. Biol. Reichsanstalt, 1920, H. 18, S. 82.
[2]) Müller, K.: Weinbau und Kellerwirtschaft 1922, S. 18.
[3]) Riehm, E.: Angewandte Botanik, 1927, Bd. 9, S. 281.

samen Insektengiften schreibt man allgemein eine „insektizide Wirkung" zu, ein Begriff, mit welchem leider bei der Mittelprüfung nichts anzufangen ist. Ein vorzügliches Erdfloh- oder Blattlausmittel versagt gegen Blutlaus und Schildlaus, erst recht gegen Raupen. Zur Prüfung der Mittel sind nach Möglichkeit stets die Schädlinge als Versuchstiere zu verwenden, für die das Mittel bestimmt ist. Kommen Mittel für mehrere Schädlinge in Frage, so ist die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Schädlinge zu berücksichtigen. Als Beispiel seien die zur Insektenbekämpfung gebräuchlichen Magengifte Chlorbarium und die Arsenmittel angeführt. Chlorbarium muß, je nachdem es gegen Blattwespenlarven, Raupen oder Käfer angewandt werden soll, in 1- bis 2proz., 2- bis 4proz. bzw. 3- bis 5proz. Lösung verspritzt werden. Auch die Giftwirkung der Arsenmittel ist verschieden, je nachdem man Afterraupen, Raupen oder Käfer zur Prüfung verwendet. Selbst unter den Raupen der verschiedenen Schmetterlinge gibt es große Unterschiede. So sind Ringelspinnerraupen allgemein sehr arsenanfällig, Goldafter-, Schwammspinner- und Nonnenraupen ziemlich arsenfest (vgl. S. 146). Auch Käfer zeigen oft eine große Widerstandsfähigkeit gegen Arsengifte, es gelang z. B. H. Sachtleben[1]) nicht, die zur Schädlingsbekämpfung allgemein benutzten Arsenmittel auch zur erfolgreichen Bekämpfung der Maikäfer zu verwenden. Sowohl zur Prüfung der Wirksamkeit wie auch zur Beurteilung der Brauchbarkeit ist die manchen Magengiften fraßabschreckende Wirkung wichtig. Die fraßabschreckende Wirkung kann unter Umständen so stark sein, daß die Tiere die vergifteten Pflanzen oder Köder nicht annehmen und den Giftwert daher illusorisch machen, im übrigen aber zur Abwanderung und damit zur weiteren Ausbreitung veranlaßt werden. Zweck eines als Fraßgift angewandten chemischen Bekämpfungsmittels ist es daher nicht, die bedrohten Pflanzen zu schützen, sondern die Schädlinge möglichst schnell und vollzählig zu töten, eine Forderung, die stark fraßabschreckende Mittel nicht erfüllen können.

Von den Versuchstieren ist zu fordern, daß sie gesund (frei von Polyeder und Parasiten) und nach Möglichkeit auch gleichaltrig sind, da einerseits die Zeit der Häutung, in der die Insektenlarven keine Nahrung zu sich nehmen, zur Prüfung von Magengiften nicht geeignet ist, andererseits die Insektenlarven je nach ihrem Alter oft ganz verschiedene Giftempfindlichkeit zeigen. So sind die eben geschlüpften Räupchen des Kiefernspanners sehr arsenanfällig, während die Raupen nach der 3. und

[1]) Sachtleben, H.: Arbeiten a. d. Biol. Reichsanstalt, 1926, Bd. 15, S. 19.

4. Häutung als sehr arsenfest sich gezeigt haben. Zur Bewertung der Giftwirkung eines Mittels gehört es auch, bei den überlebenden Tieren die Nachwirkungen auf Lebensdauer, Eiablage und Nachkommenschaft festzustellen, eine Untersuchung, die wegen ihrer zeitraubenden und mühevollen Arbeit bisher bei der Mittelprüfung wenig durchgeführt wurde.

Auch für die pilzlichen Schädlinge ist es notwendig, zur Prüfung der sogenannten „fungiziden Mittel" die für das Mittel bestimmten Schädlinge selbst als Versuchsobjekt zu wählen. Vorschläge, zur Prüfung von Pilzgiften allgemein einen leicht kultivierbaren und sehr widerstandsfähigen Pilz als Testobjekt zu wählen, sind immer abzulehnen. Sie sollten eigentlich ebensowenig in Frage kommen, wie man auch zur Prüfung von Blattlausmitteln nicht Blut- und Schildläuse und zur Bewertung von Arsenmitteln nicht den Maikäfer als Testobjekt wählen kann. Durch die Wahl ungeeigneter Versuchsobjekte kam z. B. E. W. Schmidt[1]) zu einer falschen Bewertung der Kupferkalkbrühe, die von Kotte[2]) sowohl durch Versuche am geeigneten Objekt wie auch durch Hinweis auf die glänzenden Erfolge der Kupferkalkbrühe in der jahrzehntelangen Praxis sofort wiederlegt werden konnte. Die sogenannte „fungizide Wirkung" ist ein ebenso relativer, für die Mittelprüfung unbrauchbarer Begriff, wie die „insektizide Wirkung" der Insektenbekämpfungsmittel.

Für die biologische Prüfung ist weiterhin die Auswahl der Kulturpflanze von Wichtigkeit. Es sind z. B. zur Obstmadenbekämpfung die besonders anfälligen Obstsorten in den Versuch zu nehmen. Bei einer vergleichenden Prüfung verschiedener Mittel ist häufig Wert darauf zu legen, daß ungefähr gleichaltrige Pflanzen gleicher Sorte gewählt werden, die bei gleicher Lage, gleicher Bodenart und gleicher Düngung möglichst gleichartige Verhältnisse bieten und einen Vergleich zwischen den Mitteln überhaupt ermöglichen.

Für die biologische Prüfung eines Mittels sind Kontrollversuche unbedingt notwendig, d. h. Versuche, in denen die Schädlinge und die Versuchspflanzen unbehandelt, aber sonst unter den gleichen Bedingungen gehalten werden, wie in den eigentlichen Versuchen. Nur bei Vorhandensein einwandfreier, unbehandelter Kontrollversuche kann ein richtiges Urteil über den Gesundheitszustand der Versuchstiere, über die Giftwirkung der Mittel und über die Beschädigungen der Pflanzen durch die Mittel abgegeben werden. Für die Prüfung von Fraßgiften ist ferner eine Hunger- und eine Hunger-Durst-Kontrolle sehr erwünscht, bei denen die

[1]) Schmidt, E. W.: Zeitschrift für angew. Chemie, 37. Jahrg., 1924, S. 267, 903.
[2]) Kotte, W.: Zeitschrift für angewandte Chemie, 37. Jahrg., 1924, S. 508.

Tiere ohne Nahrung bzw. ohne Nahrung und Wasser bleiben. Bei sehr stark fraßabschreckenden Giften nehmen die Versuchstiere oft kaum Nahrung an und gehen erst nach einiger Zeit ein; nur die Ergebnisse der Hunger- und der Hunger-Durst-Kontrolle lassen in solchen Fällen einigermaßen sichere Schlüsse zu über die Nahrungsaufnahme, den Grad der Fraßabschreckung und den Grad der Giftigkeit der angewendeten Mittel.

Allgemein kann zur biologischen Prüfung noch gesagt werden, daß die Zahl der Versuchstiere nicht groß genug gewählt und die Versuche selbst unter den verschiedensten Bedingungen nicht oft genug wiederholt werden können, um die bei jeder Versuchsanstellung eintretenden Fehlergrenzen möglichst eng zu fassen. Es geht nicht, zu einem Versuch 10 Tiere zu verwenden und dann, wie es in der Literatur zu finden ist, die Zahl der toten und lebenden Tiere in Prozenten auszudrücken. Zur Prüfung neuer Mittel wird als Wertmesser das bisher beste Mittel, das gegen den Schädling geprüft ist, mit in die Versuchsreihe aufgenommen. Ein Vergleichsmittel, das infolge seiner allgemein anerkannten Vorzüge als Vergleichsmittel bei Prüfungsversuchen in Frage kommt, kann unter Umständen den Wert eines „Standardmittels" erhalten. Mittel für die Pflanzenschutzpraxis werden bei der Prüfung auch auf ihre Brauchbarkeit geprüft, d. h. es wird außer der Wirksamkeit auch die Wirtschaftlichkeit in Betracht gezogen. Für die Wirtschaftlichkeit ist u. a. die Preisgestaltung, die Versand- und Packfähigkeit, die Konzentration, die Einfachheit der Anwendung und die Kombinationsmöglichkeit mit anderen Mitteln von Wichtigkeit.

Die biologische Prüfung kann im Laboratoriums- oder im Freilandversuch durchgeführt werden. Die Laboratoriumsprüfung hat in vielen Fällen vor den Freilandsversuchen den Vorzug, daß sie ein schnelleres Arbeiten ermöglicht, den Prüfungsgang daher beschleunigt, störende Außenfaktoren, wie ein ungleichmäßiges Auftreten der Schädlinge und Witterungseinflüsse, vermeidet und unter Umständen ein sicheres Arbeiten möglich macht, da im Laboratoriumsversuch Neuinfektionen verhindert, Abwanderungen der Schädlinge, fraßabschreckende Wirkung und Giftwirkung besser beobachtet werden können. Besonders zur Prüfung von Mitteln gegen tierische Schädlinge sind Laboratoriumsversuche in sehr vielen Fällen (bei Mitteln gegen Nagetiere, fressende und saugende Insekten) den Freilandversuchen an Zielsicherheit überlegen. Laboratoriumsversuche zur Prüfung von insektiziden Bekämpfungsmitteln werden in der Regel so angesetzt, daß bei Magengiften einer größeren Anzahl von Versuchstieren (Raupen, Afterraupen, Käfer) das mit den Bekämpfungsmitteln sachgemäß behandelte Futter (Laub) gereicht wird, und daß bei Ätzgiften die an Topfpflanzen oder einzelnen

Zweigen sitzenden Schädlinge (Blattläuse, Blutlaus usw.) mit den gebrauchsfertigen Mitteln behandelt werden. Eine fraßabschreckende Wirkung läßt sich dadurch feststellen, daß man den Versuchstieren die Wahl zwischen vergiftetem und unvergiftetem Futter überläßt. Leicht abwandernde Tiere müssen in Käfigen, Glasschalen oder Glaszylindern gehalten werden, wobei die Glasschalen zweckmäßig mit einem breiten Vaselinrand, die Glaszylinder mit einem Gazeverschluß zur Absperrung der Versuchstiere versehen werden. Bei Nagetiermitteln wird den in Käfigen gehaltenen Versuchstieren der Giftköder sowohl allein als auch zugleich mit anderer, unvergifteter Nahrung zur Feststellung der fraßabschreckenden Wirkung verabreicht. Die Laboratoriumsprüfung kann durch geeignete Auswahl der Versuchstiere und Pflanzen, durch Anstellen von unbehandelten Kontrollen und von Hunger- und Durstkontrollen leicht ausgebaut werden. Zur Bewertung der Mittel müssen jedoch immer auch die im Freiland störend auftretenden Begleiterscheinungen mitberücksichtigt werden. Das ist nur möglich, wenn man einerseits die Wirkungsweise des Mittels, die Eigenart der Schädlinge und die Empfindlichkeit der Pflanzen, andererseits die bei der Freilandbekämpfung auftretenden Fehlergrenzen kennt. Mittel zur Blutlaus- oder Blattflohbekämpfung können im Laboratoriumsversuch die besten Ergebnisse erzielen; sie können trotzdem für die praktische Bekämpfung unbrauchbar oder minderwertig sein, wenn z. B. die Spritzung im Freiland aus technischen Gründen nicht so sorgfältig durchgeführt werden kann wie im Laboratoriumsversuch; hier ist die Anwendungsmöglichkeit von ebenso großer Bedeutung für die Brauchbarkeit wie die Giftwirkung. Ein Vergasungsmittel kann weiterhin im Gewächshaus seine im Laboratoriumsversuch festgestellte Brauchbarkeit verlieren.

Eine nicht so große Bedeutung haben die Laboratoriumsversuche für fungizide Mittel, bei denen die verhältnismäßig langsame, meist prophylaktische Wirkung der Mittel und die Abhängigkeit des pilzlichen Schädlings vom Gesundheitszustand der Pflanze und von Außenfaktoren (Luftfeuchtigkeit, Wärme) eine zu große Rolle spielen. Es sind zwar wiederholt Versuche gemacht worden, künstlich in Kultur genommene Pilze zur Prüfung fungizider Mittel zu gebrauchen; so beschreibt E. W. Schmidt[1]) eine sinnreich konstruierte „künstliche tote Zelle" (Glasring mit Kollodiumhäutchen überzogen und mit Nährsubstrat gefüllt), doch sind diese Versuche, da die für die Bekämpfung in Betracht kommenden Pilze selten in Kultur gehalten werden können und allgemeine Test-

[1]) Schmidt, E. W.: Centralblatt für Bakteriologie, II. Abt., Bd. 61, und Zeitschrift für angewandte Chemie, 37. Jahrg., 1924, S. 267.

objekte aus den weiter oben angegebenen Gründen abzulehnen sind, für die Mittelprüfung bisher ohne praktische Bedeutung. Immerhin haben Laboratoriumsversuche zur Prüfung von Beizmitteln (vgl. S. 301) eine besondere Bedeutung bekommen, da mit ihnen die Keimung der behandelten Pilzsporen und die Keimfähigkeit und Triebkraft des gebeizten Getreides leicht und verhältnismäßig schnell bestimmt werden und dadurch unbrauchbare Mittel erkannt und von zeitraubenden Freilandversuchen ausgeschlossen werden können.

Die zur Laboratoriumsprüfung der Naßbeizmittel in der Biologischen Reichsanstalt und den Hauptstellen des Deutschen Pflanzenschutzdienstes zur Anwendung kommenden Prüfungsmethoden fußen zum Teil auf den vom Verband der Landwirtschaftlichen Versuchsstationen im Deutschen Reich aufgestellten „Technischen Vorschriften für die Prüfung von Saatgut“ [1]; sie sind u. a. von E. Riehm [2]) ergänzt und erweitert und von E. Vogt [3]) veröffentlicht worden.

Zur Prüfung der Wirksamkeit der Naßbeizmittel auf Steinbrandsporen werden je 0,3 g Weizensteinbrandsporen mit ungefähr 30 ccm der zu prüfenden Beizlösung im Reagenzglas einige Sekunden kräftig geschüttelt und die unbenetzten, oben schwimmenden Sporen durch Abgießen einiger Kubikzentimeter Flüssigkeit entfernt; darauf wird die Beizlösung durch ein einfach gelegtes Filter gegossen. Das Filter wird später ausgebreitet und, vor Staub und Brandsporen geschützt, an der Luft getrocknet. Nach vollständiger Trocknung werden geringe Mengen (etwa 3 mg) der auf dem Filter befindlichen Steinbrandsporen mit Hilfe eines durch Ausglühen sterilisierten Platinspatels abgekratzt und auf eine in einer Petrischale befindliche 0,25 proz. Kalziumnitratlösung aufgestäubt. Zum Ansetzen der Kalziumnitratlösung darf kein Wasser verwendet werden, das bei der Destillation und späteren Aufbewahrung mit Kupfergefäßen in Berührung gekommen ist. Die gebeizten, auf die Kalziumnitratlösung aufgestäubten Steinbrandsporen werden in geschlossenen Petrischalen unter einer Glasglocke bei zerstreutem Tageslicht am Fenster aufbewahrt, vom dritten Tage ab mit dem Mikroskop auf ihre Keimung untersucht und mit unbehandelten, gleichfalls auf Kalziumnitratlösung aufgestäubten Sporen hinsichtlich der Keimung verglichen. Haben die gebeizten Sporen nach 10 Tagen keine und nach 14 Tagen nur ganz vereinzelte Keimungen aufzuweisen, so gilt die fungizide Wirkung des Naßbeizmittels als ausreichend.

Die Beizung des Getreides im Laboratorium zur Prüfung der Einwirkung der Naßbeizmittel auf Keimfähigkeit und Triebkraft des Getreides wird in folgender Weise vorgenommen:

---

[1]) Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen, 1917, Bd. 89, S. 364.

[2]) Riehm, E.: Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt, 1920, H. 18.

[3]) Vogt, E.: Sammlung Göschen Nr. 923.

Bei den Tauchbeizmitteln (s. S. 302) werden 50 g des Saatgutes in starkwandigen Wassergläsern mit so viel Beizflüssigkeit übergossen, daß die Beizlösung etwa 2 Finger breit über dem Getreide steht. Nach Ablauf der vorgeschriebenen Beizdauer wird die Beizflüssigkeit möglichst restlos abgegossen und das Getreide sofort dünn zum Trocknen auf Papier ausgebreitet. Bei den Benetzungsbeizmitteln (s. S. 304) wird das ebenfalls in starkwandigen Wassergläsern befindliche Getreide (100—200 g), wie oben angegeben, mit der Beizlösung übergossen, kräftig durchgerührt und geschüttelt und die Beizflüssigkeit sofort möglichst restlos abgeschüttet. Das Getreide wird nach Auflegen von Fließpapier, das mit der Beizlösung getränkt ist, die vorgeschriebene Zeit in den Wassergläsern stehen gelassen und dann zum Trocknen auf Papier flach ausgebreitet.

Zur Prüfung der Keimfähigkeit werden 100 der gebeizten Getreidekörner in einem in einem Suppenteller bereiteten Keimbett aus sterilisiertem feinkörnigem Quarzsand[1]), dem 15 Gewichtsprozent Leitungswasser zugesetzt sind, mit Hilfe eines Markörs ausgelegt, mit Quarzsand zugestrichen und mit einer dünnen, passenden Glasscheibe bedeckt. Der Versuch wird in doppelter Ausfertigung angesetzt. Die Keimteller werden im dunklen, auf 20° C eingestellten Keimschrank aufbewahrt. Nach 3 Tagen erfolgt die erste, am 6. Tag die zweite und am 10. Tag die dritte Zählung derjenigen Pflänzchen, die deutlich ein Blatt und drei Würzelchen entwickelt haben. Die Gesamtzahl der gekeimten Pflanzen ergibt die Keimfähigkeit der Getreideprobe.

Zur Prüfung der Triebkraft wird die Hiltnersche Ziegelgrusmethode verwendet. Es werden 100 gebeizte Getreidekörner auf einem aus sterilisiertem, feuchtem Ziegelgrus[2]) von 2—3 mm Korngröße und 20—25 Proz. Wassergehalt in flachen, quadratischen Zinkblechkästen[3]) bereiteten Keimbett ausgelegt und mit einer 3—4 cm hohen Schicht Ziegelgrus von gleichem Feuchtigkeitsgehalt überdeckt. Die Kästen werden in doppelter Ausführung angesetzt und bei Zimmertemperatur vor Licht geschützt aufbewahrt. Die Auszählungen derjenigen Pflänzchen, die die bedeckende Ziegelgrusschicht durchbrochen haben und drei normal ausgebildete Würzelchen besitzen, werden nach 7, 10 und 14 Tagen vorgenommen. Die Zahl der normal entwickelten Pflänzchen gibt die Zahl für die Triebkraft an.

Zur Prüfung von Trockenbeizmitteln im Laboratorium bestehen noch keine allgemein anerkannten und zuverlässigen Prüfungsmethoden, es sind jedoch verschiedene Verfahren in Vorschlag gebracht und auch angewendet worden.

Vaupel[4]) mischt Steinbrandsporen in einem bestimmten Verhältnis mit dem Trockenbeizmittel, streut diese Mischung auf feingeschlämmter Erde aus und beobachtet mikroskopisch die Sporenkeimung. An der Methode ist bemängelt worden,

---

[1]) Zu beziehen von den Vereinigten Hohenbockaer Glasgruben Weichelt & Co., Dresden-A. 16.

[2]) Zu beziehen von Alois Steinecker, Freising in Bayern.

[3]) Zu beziehen von P. Altmann, Berlin NW., Luisenstraße. 47.

[4]) Vaupel: Pflanzenbau, 1925/26, Bd. 2, S. 54.

daß sie zu wenig den natürlichen Bedingungen entspricht, und daß sie die für die Beizwirkung sehr wichtige Haftfähigkeit des Mittels am Korn gar nicht berücksichtigt. Pichler[1]) mischt künstlich infiziertes Saatgut zusammen mit dem Trockenbeizmittel durch Schütteln in einer Flasche, legt die eingestäubten Körner einzeln in ein Keimbett von feingesiebter Erde, die sich auf einer Kiesunterlage in hölzernen Keimkästen befindet. Nach dem Überdecken der Körner mit etwas feingesiebter Erde werden die Keimkästen durch passende Einsatzrahmen, die als Boden ein dichtes Glasgitter von 8 mm Maschenweite besitzen, verschlossen. Zur Kontrolle werden die Getreidekörner aus den Keimkästen herausgenommen, nach Entfernen der Erde in einigen Tropfen Wasser abgespült, und an der Anzahl der im Wasser beobachteten Konidien wird der Grad der Keimung und damit die Wirkung des Mittels festgestellt. Als Fehler der Methode Pichlers ist angeführt worden, daß die Konidien bei der Entnahme der Körner aus dem Boden leicht abbrechen und daß die im Wasser befindlichen Konidien leicht mit Bruchstücken von Hyphen anderer am Korn befindlicher Pilze verwechselt werden können. Als dritte Methode wendet Winkelmann[2]) 10 cm lange, 6 cm breite und $2^1/_2$ cm hohe hölzerne Keimkästen an, die mit feingesiebter, getrockneter und mit 15 Gewichtsteilen Wasser angerührter Erde bis zum oberen Rand gefüllt und glatt gestrichen werden. Auf dieses Keimbett werden die durch Mischen von 5 g Brandsporen mit 1 kg Weizen künstlich infizierten und mit dem Beizmittel durch Schütteln in einem Erlenmeyerkolben eingestäubten Getreidekörner in Reihen einzeln ausgelegt. Die Keimkästen werden durch passende, $4^1/_2$ cm hohe, unten mit Gaze abgeschlossene und 2 cm hoch mit Erde gefüllte Aufsatzkästen verschlossen und im Laboratorium bei 16—18° C aufbewahrt. Das Anfeuchten der Erde erfolgt durch Übersprühen mit stets der gleichen Menge Wasser. Zu den Kontrollen, die am 5., 7. und 10. Tage vorzunehmen sind, werden die Aufsatzkästen abgenommen und die Körner dem Keimbett entnommen. Die zum größten Teil an der Erde haftenden Brandsporen können leicht mikroskopisch auf Keimung untersucht werden. Nach Beendigung der Kontrollen werden die Körner wieder an ihren Platz gelegt und die Keimkästen durch die Aufsatzkästen erneut geschlossen. Nach Winkelmann werden zweckmäßig zur Prüfung abgetötete Getreidekörner benutzt, damit die Wurzeln des Keimlings beim Herausnehmen der Körner nicht das Keimbett zerreißen und die Sporenbeobachtung erschweren. Die Brauchbarkeit der Methode Winkelmanns, mit der im Jahre 1926 über 70 Mittel geprüft wurden, konnte durch Feldversuche bestätigt werden.

Die Freilandversuche stellen für die Prüfung der Mittel gegen tierische Schädlinge eine wertvolle Ergänzung und Bestätigung der Laboratoriumsversuche, für die Prüfung fungizider Mittel die Hauptprüfung dar. Für ihre Durchführung ist die Kenntnis des zeitlichen Auftretens und des etwaigen Wirtswechsels (z. B. Abwanderung der Blattläuse) und der Abhängigkeit der Schädlinge von Klima, Witterung und Düngung von

[1]) Pichler: Chemiker-Zeitung, 1925, Bd. 49, S. 879.

[2]) Winkelmann: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1927, Nr. 2.

größter Wichtigkeit. Irrtümliche Angaben über die Wirkung von Blatt- und Blutlausmitteln sind häufig durch mangelhafte Kenntnisse des Versuchsanstellers über die biologische Eigenheit der Schädlinge und die Einflüsse der Außenfaktoren verursacht. Als Beispiel, wie Freilandprüfungen in exakter Weise durchzuführen sind, seien folgende, von W. Kotte für den Weinbau zur Prüfung von Peronospora- und Traubenwicklermitteln aufgestellte Richtlinien angeführt:

1. Versuchsparzellen behandelt mit den zu prüfenden Mitteln: mindestens 2 a groß, möglichst quadratisch und gleich bezüglich der Lage, Rebsorte und Erziehungsart.
2. Kontrollparzellen behandelt mit Vergleichsmitteln (Standardmitteln): 2 a groß, quadratisch, bei Peronosporamitteln mit 1 proz. Kupferkalkbrühe, bei Traubenwicklermitteln mit Uraniagrün-Kupferkalkbrühe oder einem guten Arsenstäubemittel zu behandeln.
3. Unbehandelte Kontrollparzellen: bei Peronosporamitteln nicht kleiner als 1 a, quadratisch, bei Traubenwicklermitteln von etwa 2 a Größe und nach Möglichkeit zwischen den Versuchsparzellen gelegen.
4. Behandlung der Parzellen darf nicht von Regen unterbrochen sein.
5. Anwendung der Mittel: Spritzmittel gleich oft, Stäubemittel häufiger, jedoch im Rahmen der Wirtschaftlichkeit.
6. Beurteilung der Peronosporamittel durch Augenschein oder durch Auszählen der befallenen Beeren („Lederbeeren") in 100 Trauben. Beurteilung der Wirkung der Traubenwicklermittel durch Angabe des Prozentsatzes der durch das Mittel abgetöteten Würmer. Zur Errechnung dieser Zahlen werden in jeder Parzelle mindestens 200 Gescheine (Blüten) bzw. Trauben auf ihren Befall so ausgezählt, daß man den Behang einer genügend großen Anzahl von gleichmäßig über die Parzelle verteilten Rebstöcken vollständig auszählt.

In ähnlicher Weise lassen sich auch im Obst- und Feldbau Freilandversuche zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln durchführen. Bei Prü-

Nr.	Datum	Mittel	Anwendung			Versuchstiere	Versuc pflanz
21	29. 5. 26.	Bleiarseniat-Präparat	0,2 Proz.	Spritzen	Labor.	50 Goldafter-Raupen	Apfe
22	29. 5. 26.	Schweinfurter Grün-Präparat	0,2 Proz.	Spritzen	Labor.	50 Goldafter-Raupen	Apfe
23	29. 5. 26.	Bleiarseniat-Präparat	0,2 Proz.	Spritzen	Labor.	50 Schwammspinner-Raupen	Apfe
24	29. 5. 26.	Schweinfurter Grün-Präparat	0,2 Proz.	Spritzen	Labor.	50 Schwammspinner-Raupen	Apfe
25	29. 5. 26.	Bleiarseniat-Präparat	0,2 Proz.	Spritzen	Labor.	20 Ringelspinner-Raupen	Apfe
26	29. 5. 26.	Schweinfurter Grün-Präparat	0,2Proz.	Spritzen	Labor.	20 Ringelspinner-Raupen	Apfe

fung von Mitteln gegen Fusikladium (Schorf) wird das gesunde, das wenig befallene und das stark befallene Obst sortiert, ausgezählt und gewogen. Bei Mitteln gegen Obstmade stellt man von Fall- und Pflückobst das gesunde und madige Obst zahlenmäßig fest. Die Wirksamkeit der Beizmittel im Freilandversuch wird durch Zählung der erkrankten Pflanzen oder Ähren der behandelten und unbehandelten Versuchsparzellen festgestellt. Beizmittel werden vom Deutschen Pflanzenschutzdienst nicht mehr als brauchbar anerkannt, wenn bei Weizen und Hafer mehr als 0,3 Proz. Brandähren, bei Gerste mehr als 0,5 Proz. streifenkranke Pflanzen gezählt werden. Die Abhängigkeit der Schädlinge von der Witterung läßt es als notwendig erscheinen, manche Freilandversuche mehrere Jahre hintereinander zu wiederholen oder sie in einem Jahre gleichzeitig an verschiedenen Orten unter verschiedenen Witterungsbedingungen vorzunehmen, wie es bei den vom Deutschen Pflanzenschutzdienst durchgeführten Reichsprüfungen der Fall ist. Zu welchen Fehlschlüssen eine einmalige Prüfung führen kann, zeigte E. Riehm (Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1921, S. 6), welcher in einem Jahre mit einem Beizmittel einen völlig brandfreien Bestand erhielt, während der unbehandelte Weizen über 10 Proz. Brand aufwies; im folgenden Jahr, das eine für den Brand sehr günstige Witterung brachte, hatte der mit demselben Mittel gebeizte Weizen noch 8 Proz. Brand, während der ungebeizte Weizen 40 Proz. Stinkbrand aufwies. Das im ersten Jahre gut befundene Beizmittel zeigte sich also erst im zweiten Jahre als unzureichend.

Bei der Mittelprüfung ist die Führung eines Versuchsbuches zweckmäßig. Für eine kurze und übersichtliche Eintragung der Einzelversuche hat sich untenstehendes Schema bewährt.

Kontrollen					Fraß	Verbrennungen	Bemerkungen
2 tot	8. 6.	6 tot	12. 6.	13 tot	mittel	keine	ohne Kupferkalkbrühe
9 tot	8. 6.	27 tot	12. 6.	42 tot	schwach	keine	ohne Kupferkalkbrühe
0 tot	8. 6.	1 tot	12. 6.	1 tot	mittel	keine	ohne Kupferkalkbrühe
1 tot	8. 6.	6 tot	12. 6.	11 tot	schwach	keine	ohne Kupferkalkbrühe
16 tot	8. 6.	18 tot	12. 6.	19 tot	mittel	keine	ohne Kupferkalkbrühe
19 tot	8. 6.	20 tot	12. 6.	20 tot	schwach	keine	ohne Kupferkalkbrühe

In der Zusammenstellung sind die zugehörigen unbehandelten Kontrollversuche und die Hunger-Durst-Kontrollversuche weggelassen. Je nach Bedarf können in das angegebene Schema besondere Spalten für Angaben über Benetzungs- und Haftfähigkeit eingeschoben werden. Für eine ausgedehnte Tätigkeit in der Mittelprüfung ist es zweckmäßig, sich daran zu gewöhnen, die Stärke des Fraßes und die Grade der Benetzungs-, Schwebe- und Haftfähigkeit durch eine Zahlenreihe (etwa 0 = fehlend, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = stark, 5 = sehr stark) auszudrücken und auch für den Gesundheitszustand der Versuchstiere besondere Zeichen festzulegen (normal munter ●, ziemlich munter ⊙, schwach ○, im Absterben ><, tot ┼).

Das Ziel der Pflanzenschutzmittelprüfung ist es, den Giftwert der einzelnen Mittel zahlenmäßig zu erfassen, um die Mittel untereinander vergleichen und dem Praktiker das beste Mittel empfehlen zu können. Verschiedene Wege sind zur Erreichung dieses Zieles beschritten worden, ohne daß jedoch eine allseits befriedigende Formel zur zahlenmäßigen Erfassung bisher gefunden wurde. Nach Wardle und Buckle hat Holloway versucht, den Giftwert eines Mittels aus der Lebensdauer des vergifteten Insektes unter Berücksichtigung eines Standardmittels zu berechnen, indem er den Giftwert eines Mittels (x) ausdrückte durch das Verhältnis der Lebensdauer (a) eines mit diesen Mitteln behandelten Tieres zur Lebensdauer (b) eines Tieres derselben Art, desselben Entwicklungsstadiums usw., das mit dem Standardmittel (y) behandelt worden war. Aus der Formel $x/y = a/b$ ist x zu berechnen. Die individuelle Verschiedenheit ist auch bei gleichartigen Versuchstieren so groß, daß die Durchführung der Methode sehr schwierig ist. — Im Jahre 1926 versuchte R. Janisch[1]), den Giftwert von Arsenmitteln durch die bis zum Tode aufgenommene Giftmenge festzustellen, indem er durch Wägen die auf Blätter aufgestäubte Arsenmenge und durch Messen der Fraßstellen die von den Tieren aufgenommene Arsenmenge berechnet. Abgesehen von den beim Wägen und Messen grüner Blätter eintretenden Fehlern, die bei den geringen Arsenmengen nicht zu unterschätzen sind, und der Unmöglichkeit der gleichmäßigen Verteilung des Arsenpulvers auf den Blättern berücksichtigt die Methode nicht die manchen Mitteln eigene fraßabschreckende Wirkung und setzt die aufgenommene Giftmenge gleich der letalen Dosis, ein Fehler, der z. B. zur falschen Bewertung des Bleiarseniates führte. Trotzdem verspricht die Methode als Ausgangspunkt für eine vollkommenere Methode in Betracht zu kommen. — Neuerdings

---

[1]) Janisch, R.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1926, 6. Jahrg., S. 10 und 18.

hat F. L. Campbell[1]) versucht, Versuchstieren (Seidenraupen) mit Hilfe von Mikrobüretten winzige, jedoch meßbare Mengen von Arsenlösungen per os einzugeben, eine Methode, die bei größeren Insekten zur Feststellung des Giftwertes brauchbar, jedoch zur allgemeinen Mittelprüfung zu umständlich ist. — Zur Giftwertbestimmung von Rattenbekämpfungsmitteln errechnete A. Lusztig[2]) eine „Rattengift-Einheit", d. i. diejenige Giftmenge, die 1 g Rattenkörpergewicht binnen 24 Stunden tötet. Ein gut wirkendes Normal-Rattengift muß nach Lusztig in flüssigem Zustand auf 1 ccm 100 Rattengift-Einheiten besitzen, d. h. 1 ccm dieses Giftes muß, per os eingenommen, eine 100 g schwere, weiße Ratte binnen 24 Stunden töten.

Für die zahlenmäßige Giftwertbestimmung bei Pflanzenschutzmitteln benutzt E. W. Schmidt[3]) „Tötungszahlen" und „Hemmungswerte" für Sporenkeimung, die er durch Versuche mit bestimmten Konzentrationen der Mittel auf bestimmte Sporenmengen (z. B. 10000 Botrytissporen auf 1 ccm) feststellt. Für die Bewertung des Giftwertes der Beizmittel ist weiterhin der Ehrlichsche therapeutische Index $D = c/t$ herangezogen worden, d. h. der Giftwert D wird dargestellt durch das Verhältnis der kleinsten heilenden Dosis (dosis curativa = c) zur größten erträglichen Dosis (dosis maxima bene tolerata = t). Als erste wandten Binz und Bausch[4]) den chemotherapeutischen Index auf die Beizmittel an, indem sie unter dosis curativa (c) die zur Abtötung der Pilzsporen ausreichende Konzentration, unter dosis toxica (t) die vom Samenkorn eben noch erträgliche Konzentration verstanden. Eine weitere Verwendung erfuhr der chemotherapeutische Index zur Bewertung von Beizmittel durch G. Gaßner[5]) und J. Esdorn[6]). Auf die Schwierigkeit und Ungenauigkeit, eine in der Chemotherapie brauchbare Methode auch auf die prophylaktische Bekämpfungsmethode der Beizmittel anzuwenden, weist u. a. E. Vogt[7]) hin, der zur Bewertung der Beizmittel anstatt des chemo-

---

[1]) Campbell, F. L.: Journal of gen. physiol., 1926, Vol. 9, S. 443, zit. nach Berichte für ges. Physiologie 1926, Bd. 36, S. 603.

[2]) Lusztig, A.: Centralblatt für Bakteriologie, II. Abt., 1925, S. 307.

[3]) Schmidt, E. W.: Zeitschrift für angew. Chemie, 1924, 37. Jahrg., S. 267.

[4]) Binz und Bausch: Zeitschrift für angew. Chemie, 1922, Bd. 35, S. 241.

[5]) Gaßner, G.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1923, Bd. 11, S. 339.

[6]) Gaßner, G., und Esdorn, J.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1923, Bd. 11, S. 373.

[7]) Vogt, E.: Centralblatt für Bakteriologie, II. Abt., 1923, Bd. 59, S. 60.

therapeutischen Index die Formel $B = \frac{KW}{KP}$ vorschlägt, bei welcher B = Beizwert, KW die das Samenkorn (Wirtspflanze) noch eben schädigende Konzentration und KP die für Brandsporen tödliche Mindestkonzentration des Mittels darstellt; je größer die Zahl B ist, um so höher ist der Beizwert (Giftwert) des Mittels; je mehr sich B dem Wert 1 nähert, um so geringer ist der Beizwert des Mittels.

Ob eine einzige Formel zur Bestimmung des Giftwertes bei der Vielseitigkeit der Pflanzenschutzmittel möglich ist, ist sehr fraglich. Erstrebt muß jedoch werden, wenigstens für die einzelnen Gruppen bestimmte Methoden und Formeln zur Giftwertbestimmung auszuarbeiten.

h) Auswahl der chemischen Mittel

Da die Anforderungen, welche an die Pflanzenschutzmittel gestellt werden müssen, hinsichtlich der Giftwirkung auf die Schädlinge, der Unschädlichkeit für die zu behandelnde Pflanze, der Ungiftigkeit für Menschen und Haustiere und der Preisgestaltung ganz verschieden sind, ist es unmöglich, von den wirksamen Mitteln das beste auszusuchen und es den Praktikern allein zu empfehlen. Jedes gute Mittel kann, je nach seiner Eigenart und Verwendungsmöglichkeit, seine Berechtigung haben und unter Umständen anderen, an sich ebenfalls gut wirkenden Mitteln vorzuziehen sein. Zur Bekämpfung von Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen kann man sowohl Magengifte wie auch Haut- und Ätzgifte verwenden. Oft aber hat eines dieser Mittel vor den übrigen den Vorzug. So werden z. B. zur Heu- und Sauerwurmbekämpfung Nikotinbrühen dort am Platze sein, wo nur der einbindige Traubenwickler mit seinen engbegrenzten Flugzeiten auftritt, während Arsenbrühen dort vorzuziehen sind, wo beide Traubenwicklerarten ihre Eiablage über einen größeren Zeitabschnitt erstrecken und die Verwendung der Nikotinbrühen eine häufige Wiederholung der Behandlung und damit große Unkosten erfordern würde. Bei der Auswahl der Fraßgifte ist neben der Giftigkeit besonders die fraßabschreckende Wirkung zu berücksichtigen. Die Pflanzen durch einen Arsenüberzug vor Fraß zu schützen, in erster Linie also fraßabschreckend zu wirken, sollte nicht die beste und vollkommenste Wirkung eines Fraßmittels sein. Ist die Fraßabschreckung so groß, daß überhaupt nichts von dem behandelten Laub aufgenommen wird, so führt die Anwendung solcher Mittel zur Abwanderung der Schädlinge oder zum stärkeren Befall der jüngsten, keinen Arsenbelag zeigenden Pflanzenteile, durch deren Vernichtung der Schaden nur vergrößert wird. Fraß-

abschreckende Magengifte sind besonders dann zu vermeiden, wenn ein neu eingeschleppter Schädling bei örtlich begrenztem Auftreten völlig vernichtet werden soll (z. B. Koloradokäfer); ein stark fraßabschreckendes Mittel würde in diesem Falle die Verbreitung und Einbürgerung des Schädlings begünstigen. Als bestes Arsenmittel zur Insektenbekämpfung kann also das Präparat angesprochen werden, das neben anderen Vorbedingungen (hohe Giftigkeit für den Schädling, Unschädlichkeit für die Pflanze, gute und leichte Anwendungsmöglichkeit und Billigkeit) möglichst geringe Fraßabschreckung zeigt. — Mit Rücksicht auf die Gefährdung des Menschen und der Haustiere sind die Arsenmittel bei Gemüse- und Futterpflanzen zu vermeiden und durch ungefährlichere, wenn auch weniger wirksame Mittel (Chlorbarium, Nikotin- und Quassiabrühen) zu ersetzen. Bei den in dichten Gespinsten lebenden Insektenlarven sind Nikotinbrühen den Arsenmitteln bedeutend überlegen. Für die Auswahl der Arsenmittel ist endlich auch die Anwendungsform wichtig; man wird je nach den klimatischen Bedingungen (Niederschlagsmenge), nach den zur Verfügung stehenden Arbeitskräften und nach der Notwendigkeit, größere Flächen in kürzester Zeit zu behandeln, sich für Arsenspritz- oder Arsenstäubemittel zu entscheiden haben (vgl. S. 283).

Auch von guten Beiz- oder vorzüglichen Blattlausmitteln können den Praktikern nicht einige wenige Präparate als die besten empfohlen werden; zur Gesunderhaltung empfindlicher und besonders wertvoller Gewächshaus- und Zierpflanzen können andere, oft sogar kostspieligere Mittel in Betracht kommen als zur Bekämpfung von Blattläusen an Obstbäumen und Gemüsepflanzen, bei denen man Beschädigungen oder Spritzflecken nicht in gleichem Maße zu befürchten braucht und daher billigere Mittel anwenden kann.

Für die Auswahl der Mittel spielt die Rentabilität mit die größte Rolle. Während in der Humanmedizin die Gesunderhaltung und Rettung des Menschen im allgemeinen ohne Rücksicht auf die Kosten um jeden Preis erfolgt, hängt im Pflanzenschutz die Anwendung der wirksamen Bekämpfungsmittel und der brauchbaren Bekämpfungsmaßnahmen allein von der Frage der Wirtschaftlichkeit ab. Für die Auswahl der Mittel ist also der Wert der Kulturpflanzen oder der zu rettenden Ernte von ausschlaggebender Bedeutung. Dieser wirtschaftliche Gesichtspunkt kann unter Umständen derartig in den Vordergrund treten, daß vom Praktiker die Anwendung brauchbarer Mittel verweigert wird und aus volkswirtschaftlichen Gründen die Bekämpfung vom Staate zwangsweise durchgeführt werden muß. So steht im oberen Irak die einheimische Bevölkerung, trotzdem sie unter Heuschreckenplagen sehr zu leiden

hat, der Bekämpfung ablehnend gegenüber, da die Kornpreise bei starkem Schädlingsbefall steigen, bei erfolgreicher Bekämpfung dagegen fallen. Es kommt dort vor, daß bei wirksam durchgeführter Bekämpfung und guter Ernte der Bauer das Korn nicht einholen will, weil nach seiner Meinung der zu erzielende Preis die Erntearbeit nicht lohnt.

Bei der Auswahl der Mittel ist für den Praktiker weiterhin die Zubereitungsweise der Mittel von Bedeutung, die wiederum mit der Preisgestaltung eng verknüpft ist. Die gebrauchsfertigen Handelspräparate haben es durch ihre einfache Herrichtungsweise und infolge der von den Herstellern gemachten, vorzüglichen Reklame bewirkt, daß oft nur den Mitteln Aussicht auf Verbreitung und Ansehen zugeschrieben wird, bei denen nicht mehrere Bestandteile gesondert abzuwiegen und abzumessen sind, sondern die als Lösungen oder Brühen in einfacher Weise durch Verdünnen mit Wasser hergestellt werden können. Eine einfache Lösung und Verdünnung kommt fast nur für fertige Handelspräparate in Betracht. Jede selbstbereitete Brühe (Nikotinseifenbrühe, Quassiaseifenbrühe, Petroleumemulsionen, Arsenkupferkalkbrühe, Schwefelkalkbrühe) enthält außer dem Giftstoffe auch noch Hilfsstoffe, die gesondert abgemessen werden müssen, und die die Zubereitung der fertigen Brühen erschweren. Trotzdem aber werden die als Hausmittel selbst herzustellenden Brühen in vielen Fällen durch fertige Handelspräparate nicht ersetzt werden können. Die oft erst nach jahrelanger Arbeit ausgearbeiteten Handelspräparate können selten zu den billigen Preisen verkauft werden, die für selbstbereitete Brühen in Betracht kommen, da bei den Fertigpräparaten außer den Herstellungskosten noch die Ausarbeitungskosten und ein oft recht bedeutender Reingewinn mit bei der Preisgestaltung eingerechnet werden. Nach den augenblicklichen Preisen kommt beispielsweise ein Liter Spritzbrühe der bekannten Blattlausmittel auf 10 bis 20 Pfennige, während die aus Tabakextrakt selbst bereiteten und ebenso wirksamen Nikotinseifenlösungen nur 2 bis 3, höchstens 5 Pfennige je Liter kosten. Sind für die Einzelbehandlung und für den Kleinbetrieb oft die Herstellungskosten zu vernachlässigen, so geben sie für den Großbetrieb doch den Ausschlag. Der stiefmütterlichen Behandlung und Geringeinschätzung der Hausmittel kann nicht deutlich genug entgegengetreten werden, da sie eine Schädlingsbekämpfung im Großbetrieb, für den teure Handelspräparate nicht in Frage kommen, unmöglich machen. Der praktischer veranlagte Amerikaner, der allerdings auch durch seine hinsichtlich der Kulturpflanzen einheitlichen Großbetriebe dazu gezwungen ist, bereitet sich einen großen Teil seiner Bekämpfungsmittel selbst; dies zeigen die unendlich vielen Vorschriften zur Herstellung von Petroleum- und Ölemulsionen, von

Nikotin- und Nikotinsulfatlösungen, von Schwefelkalkbrühe und vielen anderen kombinierten Mitteln. Gewiß macht die Selbstherstellung der Mittel etwas Arbeit, aber diese Arbeit sollte nicht gescheut werden, sobald sie sich gut bezahlt macht, die Durchführung der Bekämpfung im Großbetrieb oft erst ermöglicht und man ein zuverlässiges Mittel erhält, dessen Zusammensetzung nach Belieben geändert und den Verhältnissen angepaßt werden kann.

Die Empfehlung der Selbstbereitung mancher Pflanzenschutzmittel soll keinesfalls die Bedeutung guter und brauchbarer Handelspräparate mindern. Es ist selbstverständlich, daß für den Kleingärtner bei Behandlung von Topfpflanzen und auch bei manchen Zier- und Gewächshauspflanzen die Selbstbereitung zu umständlich wird und die zu verwendende Menge der Arbeit und Mühe nicht lohnt, daß hier also einfach anzuwendende Fertigpräparate am Platze sind. Weiterhin kommt denjenigen Fertigpräparaten eine große Bedeutung zu, welche bisher in der Pflanzenschutzpraxis nicht verwandte, oft kompliziert zusammengesetzte chemische Verbindungen enthalten, die auf Grund ihrer Giftwirkung eine dominierende Stellung einnehmen und nur technisch hergestellt und zu Pflanzenschutzmitteln verwendet werden können (z. B. Beizmittel). Diese Mittel werden in der Regel unter einem Deck- oder Handelsnamen verkauft und sind, wenn sie als „neue Erfindungen" den Anforderungen des Patentgesetzes genügen, meist patentiert; Patentierung und Schutz eines besonderen Namens geben jedoch keine Gewähr für Wirksamkeit und Brauchbarkeit der Mittel.

Das Streben vieler Praktiker geht dahin, ein Universalmittel gegen alle Krankheiten und Schädlinge zu besitzen. Dieser Traum dürfte nie in Erfüllung gehen. Die Verschiedenartigkeit der tierischen und pflanzlichen Schädlinge hinsichtlich der Giftempfindlichkeit hat es vielmehr bewirkt, daß eine große Spezialisierung der Pflanzenschutzmittel eingetreten ist, die den Praktikern den Überblick erschwert, häufig aus Unkenntnis zu falscher Anwendung führt und ihnen die Bekämpfung verleidet. Es ist anzustreben, daß gute, billige Mittel gegen irgendeinen Schädling mit anderen, gegen gleichzeitig auftretende pilzliche oder tierische Schädlinge wirksamen Mitteln gemischt und zur Verbilligung und Vereinfachung in einem Behandlungsgang angewandt werden können (Kombinationsmittel). Vorbedingung ist es, daß durch die Kombination die Wirksamkeit eines der Mittel nicht herabgesetzt wird, noch pflanzenschädigende Verbindungen entstehen. Eine handelsmäßige Lieferung der fertigen Mischungen ist nicht so sehr erwünscht, da im Falle des Auftretens nur eines Schädlings das andere Mittel vergebens angewandt würde und dadurch eine Verteuerung der Behandlung einträte. Die Mittel müssen also einzeln bezieh-

bar und einzeln anwendbar sein und nach Bedarf vom Praktiker selbst gemischt werden können. Vor einer Überbewertung der Kombinationsmethode, wie sie in neuester Zeit im Mischen der verschiedensten Mittel ohne Rücksicht auf das Vorhandensein der Schädlinge und auf die Kombinationsmöglichkeit zum Ausdruck kommt, ist zu warnen.

Zur sicheren Vernichtung eingeschleppter Schädlinge sind Radikalmittel auszuwählen, die ohne Rücksicht auf den Pflanzenbestand im „Ausrottungsverfahren" (Extinktivverfahren bei der Reblausbekämpfung, vgl. S. 335) zur Anwendung kommen. Das Verfahren ist für die Besitzer oft schwer tragbar und für die Staaten, die den Besitzern Zuschüsse und Entschädigungen leisten, kostspielig; immerhin haben sich z. B. die zur Vernichtung des Koloradokäfers 1914 in Stade für das Ausrottungsverfahren ausgegebenen 25 000 RM reichlich gelohnt.

i) Einteilung der chemischen Mittel

Die Einteilung der chemischen Mittel kann in verschiedener Weise erfolgen. Vom Standpunkt des Chemikers können die Mittel in organische und anorganische Mittel eingeteilt werden, und diese Gruppen können dann nach dem chemischen System weiter zergliedert werden. Der Physiologe unterscheidet je nach der Wirkung Abschreck- und Vernichtungsmittel und unter letzteren wieder Ätz-, Magen- und Atemgifte. Der Praktiker wird in einfachster Weise pulverförmige, flüssige und gasförmige Mittel unterscheiden, die zur Behandlung der unterirdischen Pflanzenteile (Bodendesinfektion), der oberirdischen Pflanzenteile und der inneren Pflanzenteile („innere Therapie") Verwendung finden. Eine weitere Einteilung der Mittel, die sich nach den zu bekämpfenden Krankheitserregern und Schädlingen richtet, unterscheidet Bakteriengifte (Bakterizide), Pilzgifte (Fungizide, Germizide), Insektengifte (Insektizide), Nematodengifte (Nematozide), Nagetiergifte und Krähengifte. Vom Standpunkt des modernen Pflanzenschutzes dürfte es am zweckmäßigsten sein, die Einteilung nach der Anwendungsform der Mittel als Spritz-, Stäube-, Tauch-, Vergasungs- und Impfmittel vorzunehmen und diesen Gruppen dann die Abschreck-, Anlockungs- und Beizmittel als in sich geschlossene Gruppen anzugliedern.

2. Spritzmittel

a) Was sind Spritzmittel?

Als Spritzmittel bezeichnet man diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel, die in flüssiger Form angewandt und mit Hilfe besonderer

Apparate auf die Schädlinge oder auf die Pflanzen aufgespritzt werden. Die spritzfertigen Mittel sind niemals reine Stoffe, sie enthalten den Grundstoff (Giftstoff) entweder gelöst (Lösungen) oder in Form von ungelösten oder kolloidalen, in Schwebe befindlichen Stoffen (Brühen). Als Grundstoff gelten u. a. Nikotin, Seife, Arsen, Kupfer, Schwefel, als Lösungs-, Träger- oder Streckmittel dient meist Wasser. In vielen Fällen enthalten die gebrauchsfertigen Lösungen und Brühen mehrere Grundstoffe, die sich entweder in ihrer Wirkungsweise gegen einen Schädling steigern oder aber, was häufiger erstrebt wird, ganz verschiedene Giftwirkungen zeigen und sich daher zur gleichzeitigen Bekämpfung verschiedener Schädlinge eignen. Man nennt diese zusammengesetzten, sowohl als Fungizid als auch als Insektizid oder gleichzeitig als Haut- und als Magengift wirkenden Mittel „kombinierte Mittel" oder „Kombinationsmittel".

Die Wirkungsweise der Spritzmittel ist therapeutisch oder prophylaktisch. Die therapeutisch wirkenden Mittel sind in spritzfertiger Form meist echte Lösungen, weniger häufig Brühen. Sie werden direkt auf die Schädlinge gespritzt, wobei ätzende Stoffe zur Bekämpfung von Unkräutern und parasitischen Pilzen, ätzende, erstickende und Nerven lähmende Stoffe gegen tierische Schädlinge, insbesondere gegen Insekten, verwandt werden. Die prophylaktisch wirkenden Spritzmittel werden zur Behandlung der bedrohten Pflanzen benutzt, indem die oberirdischen Pflanzenteile mit den Mitteln übersprüht und von einem möglichst lückenlosen Überzug des Mittels bedeckt werden, der nach dem Antrocknen bei fungizider Wirkungsweise des Mittels ein Auskeimen der Pilzsporen oder eine Weiterentwicklung des Pilzmyzels verhindert, bei insektizider Wirkung des Mittels von den blattfressenden Insekten mit aufgenommen wird und als Magengift den Tod der Tiere herbeiführt. Für die prophylaktische Bekämpfungsweise kommen die Mittel selten als echte Lösungen, meist als Suspensionen in Betracht, die den Giftstoff in wasserunlöslicher Form enthalten und daher nach dem Antrocknen regenbeständige Spritzflecken und Spritzüberzüge hinterlassen. Das Streben, von den prophylaktischen Spritzmitteln einerseits wasserunlösliche, also wetterfeste Überzüge zu erhalten, andererseits durch immer feinere Mahlung des suspendierten Stoffes eine möglichst vollkommene Giftwirkung zu erreichen, hat zur Herstellung sog. „kolloidaler" Arsen-, Schwefel- oder Kupferpräparate geführt. Die Mittel werden in Kolloidmühlen sehr fein gemahlen; nach E. Vogt[1]) ist es z. B. möglich, mittels der Plausonschen Kolloidmühle ein Stück Stangenschwefel in geeigneter Flüssigkeit in wenigen

[1]) Vogt, E.: Centralblatt für Bakteriologie, II. Abt., 1923, Bd. 58, S. 69.

Minuten in eine milchig-weiße Suspension zu verwandeln, in welcher die einzelnen Schwefelteilchen eine Größe von 0,001 mm kaum überschreiten. Die so hergestellten, äußerst feinen Suspensionen werden dann durch Zusatz bestimmter „Schutzkolloide" (Kasein, Gelatine, Eiweiß, Leim) für lange Zeit haltbar gemacht. Mit der Steigerung der Giftwirkung bei zunehmender Feinheit der Körnchengröße ist eine Materialersparnis verbunden, die bei normaler Preisgestaltung für die „kolloidalen Präparate" auch eine Verminderung der Bekämpfungskosten erwarten läßt. Die im Pflanzenschutz gebräuchlichen Suspensionen einschließlich der sog. kolloidalen Lösungen und der Emulsionen werden im Gegensatz zu den Spritzlösungen (echten Lösungen) als Spritzbrühen bezeichnet.

Die an ein Spritzmittel zu stellenden Hauptforderungen sind ausreichende toxische Wirkung des Mittels auf den zu bekämpfenden Schädling und Unschädlichkeit des Mittels für die zu behandelnde Pflanze. Lassen wir die Frage der Wirtschaftlichkeit und der leichten Durchführbarkeit des Bekämpfungsverfahrens vorläufig außer acht, so sind, außer den oben genannten Hauptforderungen, noch weitere Anforderungen an die Spritzmittel zu stellen, die das Verhalten des Grundstoffes zum Wasser berücksichtigen und die Benetzungsfähigkeit, Schwebefähigkeit und Haftfähigkeit des Spritzmittels beachten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, enthalten die Lösungen und Brühen außer dem Grundstoff und dem Streckmittel häufig noch Hilfsstoffe, die durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften die Wirkungsweise der Grundstoffe steigern oder die Anwendungsweise überhaupt erst ermöglichen.

b) Wasser als Verdünnungsmittel

Die Eigenart des Wassers ist für die Herstellung von Spritzflüssigkeiten oft von großer Wichtigkeit. Je nachdem, ob Quell- oder Brunnenwasser, Fluß- oder Regenwasser zur Verfügung steht, zeigt das Wasser einen verschiedenen, mehr oder weniger hohen Salzgehalt. Das Wasser kann als „alkalisches Wasser" größere Mengen von Natriumsalzen, insbesondere Natriumkarbonat und Natriumbikarbonat, oder als „hartes Wasser" Magnesium oder Kalzium in Bikarbonat- oder Sulfatform enthalten. Der Härtegrad des Wassers wird mit Standardseifenlösungen gemessen. Die im Wasser gelösten Salze können zwei Nachteile nach sich ziehen, indem sie einerseits mit den insektiziden und fungiziden Grundstoffen in chemische Reaktion treten und dadurch die Wirksamkeit des Grundstoffes herabsetzen oder pflanzenschädigende chemische Verbindungen entstehen lassen, oder indem sie andererseits für die Herrichtung

der Spritzflüssigkeit ungünstige physikalische Verhältnisse schaffen. Nach E. R. de Ong[1]) und anderen amerikanischen Forschern ist es z. B. gefährlich, die mit dem amerikanischen Standard-Bleiarseniat hergerichteten Bleiarseniatbrühen mit alkalischem oder hartem Wasser anzusetzen, da sich durch Reaktion der Salze des Wassers mit dem Bleiarseniat neben bleihaltigen Komplexverbindungen noch wasserlösliche Arsenverbindungen bilden, die bei Luftfeuchtigkeit auf den Blättern in Lösung gehen und unter Umständen schwere Blattbeschädigungen verursachen können. Die Beschädigungen werden vermieden, wenn durch Zugabe von Kalkmilch zu den Bleiarseniatbrühen die löslichen Arsenverbindungen in unlösliche übergeführt werden. Steht nur sehr hartes Wasser zur Verfügung, so wird in Amerika das basische Bleiarseniat trotz seiner geringeren insektiziden Wirkung dem sauren Standard-Bleiarseniat vorgezogen.

Physikalisch ungünstige Verhältnisse werden von hartem Wasser für die Zubereitung von Ölemulsionen geschaffen (vgl. S. 202). Zum Herrichten dieser Emulsionen bedient man sich der Schmierseife oder einer besonderen, in Amerika viel benutzten Transeife („Fischölseife"). Die im harten Wasser enthaltenen Kalzium- und Magnesiumsalze bilden mit den Seifen unlösliche Kalk- und Magnesiumseifen, die den Emulgierungsprozeß verhindern, schon fertige Emulsionen zerstören und bei starkem Auftreten leicht die Düsen der Spritzapparate verstopfen. Eine geringe Zugabe von Alkali als Hilfsstoff verhindert das Auftreten der Kalkseifen und begünstigt daher den Emulgierungsprozeß. In den Vereinigten Staaten gibt es Tabellen, aus denen der Praktiker je nach dem Härtegrad des Wassers und nach der Menge des Öles die der Emulsion notwendig zuzusetzende Menge Alkali direkt ablesen kann. In jedem Fall ist Regenwasser wegen seines äußerst geringen Salzgehaltes das beste Lösungs- und Verdünnungsmittel für Spritzflüssigkeiten.

c) Benetzungsfähigkeit

Für viele Spritzmittel ist neben der toxischen Wirkung ihres Grundstoffes die Benetzungsfähigkeit der Spritzbrühe ausschlaggebend für den Grad der Wirksamkeit. Einmal gibt es Spritzmittel, wie die meisten Fungizide und die als Magengifte wirkenden Insektizide, deren Spritzbrühen so fein über die zu schützenden Pflanzen versprüht werden müssen, daß ein Überzug dicht nebeneinanderliegender, feinster Spritztröpfchen die Pflanzenteile überzieht. Hier würde ein zu hoher Grad der Benetzungsfähigkeit schädlich sein, da er ein Zerfließen der feinen Tröpfchen und durch Ablaufen und Abtropfen der Flüssigkeit von den Blättern

[1]) De Ong, E. R.: Journal of economic Entomology, 1922, Vol. 15, S. 339.

einen zu geringen, für die Giftwirkung nicht mehr ausreichenden Giftbelag mit sich bringen würde. Im Gegensatz hierzu ist ein möglichst hoher Grad der Benetzungsfähigkeit von allen denjenigen Spritzmitteln zu fordern, bei denen die Flüssigkeit in möglichst vollkommene Berührung mit den Schädlingen kommen muß. Die Forderung ist in erster Linie an alle diejenigen Mittel zu stellen, die als ätzende Hautgifte oder als erstickende, die Atemlöcher der Insekten verschmierenden Gifte wirken. Beispielsweise können bei der Bekämpfung von Blatt- und Blutlauskolonien nur diejenigen Mittel durchgreifend wirken, deren Spritzlösungen beim Zerstäuben nicht in zu großen Tropfen zusammenfließen und dann bei zu starker Bespritzung von den bespritzten Pflanzenteilen abrollen, die vielmehr auch die behaarten oder durch Wachsausscheidungen schwer benetzbaren und oft sehr versteckt sitzenden Schädlinge erreichen und sie mit einem lückenlosen, gleichmäßigen Überzug versehen, d. h. sie benetzen. Endlich gibt es noch Mittel, wie die hauptsächlich als Atemgift wirkenden Nikotinlösungen, bei denen das flüchtige Nikotin als Gas die Unebenheiten der Oberflächen leicht überwindet und für die daher die Benetzungsfähigkeit nicht von solch ausschlaggebendem Wert ist.

Die Bedeutung der Benetzungsfähigkeit für die Wirkung vieler Spritzmittel macht es notwendig, Methoden zur Hand zu haben, um bei der Prüfung der Mittel auch die Größe der Benetzungsfähigkeit feststellen zu können. Die sichere, eindeutige Messung der Benetzungsfähigkeit hat stets Schwierigkeiten gemacht. In der Regel wurde und wird auch noch heute die Benetzung auf der gerade bespritzten Pflanze beobachtet, d. h. es wird einfach ausgesagt, ob die angewandte Spritzlösung die Blätter der betreffenden Pflanze benetzt oder nicht benetzt. Weiter ging man schon, als man bestimmte Blätter, die sich durch besondere, schwer benetzbare Überzüge auszeichnen (Kohlblätter), als Oberfläche nahm oder durch Herstellung einheitlicher und gleichbleibender Unterlagen sich sog. „Testplatten“ schuf. Als Testplatten[1]) erwiesen sich beispielsweise paraffinierte Karten als brauchbar, die durch kurzes Eintauchen einfacher Kartothekkarten in ein Chloroform-Paraffinbad (mit 20 Gew.-Proz. Paraffin) leicht hergestellt werden können. In allen diesen Fällen gibt diese Bestimmung keine zahlenmäßigen Werte, und sie ist auch bei Vergleichsversuchen mit Spritzlösungen verschiedener Benetzungsfähigkeit mehr oder weniger subjektiv.

Die bei der Schädlingsbekämpfung häufigste Form der Benetzung einer festen Oberfläche (Pflanze, Schädling) durch eine Spritzlösung be-

[1]) Trappmann, W.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1925, Bd. 14, S. 264.

ruht auf einem Spiel der Molekularkräfte. Man kann sie in einfacher Weise als Überwindung der Kohäsion der Flüssigkeit durch die Adhäsion der Flüssigkeit an der Oberfläche bezeichnen. Das Ausmaß der Benetzungsfähigkeit wird durch das Bestreben der Flüssigkeit gezeigt, statt kugeliger Tropfen einen zusammenhängenden, gleichmäßigen Überzug über die betreffende Oberfläche zu bilden. Die Benetzung hängt ab von der Oberflächenspannung der Flüssigkeit, der Oberflächenspannung der festen Oberfläche und der Grenzflächenspannung der Oberfläche gegen diese Flüssigkeit. Für die Erscheinung der Benetzung bei den Pflanzenschutzmitteln ist die Oberflächenspannung der Spritzmittel am wichtigsten, da gerade sie den größten Schwankungen unterworfen ist, leicht durch Veränderung in der Zusammensetzung des Mittels (Zugabe geeigneter Benetzungsmittel) geändert werden kann, und da in erster Linie durch diese Schwankungen die verschiedenen Grade der Benetzungsfähigkeit bedingt werden. Man kann sagen, daß Spritzlösungen um so besser benetzen, je kleiner ihre Oberflächenspannung ist. Es lag nahe, mit Hilfe der in der Physik und in der Kolloidchemie gebräuchlichen Arbeitsmethoden die Oberflächenspannung der Spritzlösungen zu bestimmen und so in Vergleichswerten ein zahlenmäßiges, möglichst genaues und eindeutiges Maß für die Benetzungsfähigkeit zur Hand zu haben. Von den physikalischen Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung sind bisher zur Prüfung der Benetzungsfähigkeit von Pflanzenschutzmitteln folgende angewandt worden: die Messung der Oberflächenkrümmung, die Methode der Steighöhenmessung und die Methode der Tropfenzählung. Versuche, die Benetzungsfähigkeit durch Berücksichtigung des Gewichtes und der Form hängender Tropfen zu bestimmen, blieben bisher ohne Bedeutung.

Bei der Messung der Oberflächenkrümmung wird der Randwinkel, den die Flüssigkeit mit der senkrecht stehenden Oberfläche bildet, abgelesen. Der Winkel ist um so kleiner, je mehr die Flüssigkeit an der Oberfläche „hinaufkriecht", d. h. je besser sie benetzt; bei schlecht und nicht benetzenden Flüssigkeiten liegt der Winkel zwischen 90 und 180°. Die Methode der Randwinkelmessung hat insbesondere Stellwaag[1]) bei der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln benutzt. Theoretisch ist die Methode der Randwinkelmessung die vollkommenste, da bei ihr sowohl die Oberflächenspannung der Flüssigkeit als auch die des festen Körpers sowie die zwischen beiden auftretende Grenzflächenspannung berücksichtigt werden. Bei der praktischen Ausführung der Randwinkelmessung treten jedoch auch bei sorgfältig gereinigten Oberflächen durch kleine

[1]) Stellwaag, F.: Zeitschrift für angew. Entomologie, 1924, Bd. 10. S. 163.

Veränderungen, durch Adsorption der Luft und geringe Verunreinigungen immer leicht Fehler und Ungenauigkeiten auf, die insbesondere bei den für Spritzlösungen in Betracht kommenden Objekten niemals ganz ausgeschaltet werden können. Außerdem bezieht sich die durch den Randwinkel ausgedrückte Benetzungsfähigkeit einer Spritzlösung nur auf die untersuchte Unterlage. Für die Bewertung eines Blattlausmittels ist es jedoch notwendiger, für den Grad der Benetzungsfähigkeit seiner Spritzlösung nur eine Zahl zu besitzen, als so viel Randwinkelzahlen angeben zu müssen, wie man verschiedene Blattlausarten und Wirtspflanzen auf Benetzung durch das Mittel geprüft hat. Es lag also nahe, für die Bewertung einer Spritzlösung nur die Oberflächenspannung der Lösung in Betracht zu ziehen und Änderungen der Oberflächenspannung der festen Unterlage dadurch auszuschalten, daß man als zu benetzende Fläche eine hinsichtlich der Oberflächenspannung fast konstante, leicht zu reinigende Unterlage (Glas) nahm.

Die Methode der Steighöhenmessung berücksichtigt, da als feste Oberfläche zu Kapillaren ausgezogene Glasrohre verwendet werden, nur die Änderungen der Oberflächenspannung der Flüssigkeit; der Grad der Benetzung findet in der Höhe der in den Kapillaren hochsteigenden Spritzlösungen seinen Ausdruck. Die Methode wurde von Lovett[1]) in etwas modifizierter Form zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln angewandt. Auf größte Sauberkeit der Kapillaren ist Wert zu legen; die Methode hat den Nachteil, daß die engen Kapillaren nicht leicht zu säubern sind.

Der dritten Methode zur Messung der Benetzungsfähigkeit durch Bestimmung der Tropfenzahl liegt folgende Erwägung zugrunde: die Tropfengröße einer Flüssigkeit ist ein Maß ihrer Oberflächenspannung. Je größer die Zahl der aus einer Pipette austretenden Tropfen einer bestimmten Flüssigkeitsmenge ist, um so niedriger ist ihre Oberflächenspannung und um so größer ihre Benetzungsfähigkeit. Die Methode der Tropfenzahlbestimmung wurde zuerst in Amerika[2]) zur Beurteilung von Pflanzenschutzmitteln benutzt; auch bei späteren, in Deutschland durchgeführten Untersuchungen[3]) konnte nach dieser Methode, unabhängig von der jeweiligen Oberfläche, für eine Reihe von Spritzmitteln die Benetzungsfähigkeit eindeutig bestimmt werden,

---

[1]) Lovett: Oregon Agric. Coll. Expt. Stat., Bull. 169, 1920.

[2]) Smith, L. B.: Journal of Agric. Research, VII, 1916.

[3]) Trappmann, W.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1925, Bd. 14, S. 259.

wobei sich die von I. Traube eingeführten Stalagmometer[1]) (Abb. 11) als geeignete Apparate zur Messung der auf Molekularkräften beruhenden Benetzungsfähigkeit erwiesen.

Oft hängt die Benetzungsfähigkeit, außer von der Oberflächenspannung, auch noch von anderen Faktoren ab. Bei fett- und wachsartigen Überzügen vieler Pflanzen und Tiere (Kohl, Blutlaus, Psylla, Schildläuse) können Stoffe ähnlicher Konstitution (fett- und wachslösende Bestandteile der Spritzlösungen) die Benetzungsfähigkeit bedeutend steigern, wie es bei Blutlausmitteln in der Regel zutrifft. Die Benetzungsfähigkeit soll nach Wardle und Buckle oft auch von der Oberflächenkonzentration abhängen, indem bestimmte Stoffe, wie Saponin, Gelatine usw., in Lösungen an der Oberfläche stärkere Konzentrationen zeigen als im Innern der Flüssigkeit. So soll z. B. in einer 0,25proz. Natriumglykokollatlösung die Konzentration in einer dünnen Oberflächenschicht ungefähr 160 mal stärker sein als in tieferen Lagen. Lösungen mit solchen dichteren Oberflächenhäutchen zeigen trotz großer Oberflächenspannung eine gute Benetzungsfähigkeit, eine Erscheinung, die Wardle und Buckle damit erklären, daß durch Bildung dünner Flüssigkeitshäutchen mit hoher Oberflächenviskosität ein Auseinanderreißen der Flüssigkeitsüberzüge und ein Zusammenfließen zu Tropfen verhindert wird.

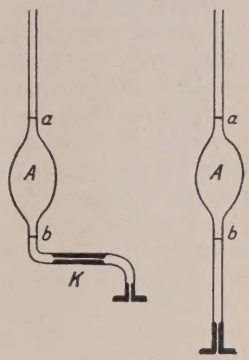


Abb. 11. Stalagmometer. (Nach I. Traube.)

Als Hilfsstoffe zur Erhöhung der Benetzungsfähigkeit eines Spritzmittels kommen nach vorstehenden Ausführungen also einmal Stoffe in Betracht, die die Oberflächenspannung der Spritzlösungen erniedrigen (Seife, Spiritus, Kasein, insbesondere Kalziumkaseinat, Magermilch usw.), weiterhin solche Chemikalien, welche bei fett- und wachsartigen Ausscheidungen eine ähnliche chemische Konstitution haben (Kresole, Azeton, Amylalkohol), endlich noch solche Hilfsstoffe, denen eine starke Oberflächenkonzentration und Oberflächenviskosität eigen ist (Saponin, Leim, Gelatine). Die Auswahl des für jeden einzelnen Fall besten Benetzungsmittels hängt, außer von der Preisgestaltung, von der Möglichkeit einer leichten Beschaffung und leichten Anwendung, insbesondere davon ab, ob durch das Benetzungsmittel der Grundstoff in seiner Giftwirkung nicht verändert wird, und ob nicht durch Umsetzungen pflanzenschädigende

[1]) Zu beziehen von P. Altmann, Berlin NW, Luisenstraße 47.

oder den Spritzgang störende Verbindungen (z. B. Kalkseifen, lösliche Arsenverbindungen) entstehen.

d) Schwebefähigkeit

Für die Spritzbrühen, insbesondere für die Arsenbrühen, ist die Schwebefähigkeit der ungelösten Bestandteile wichtig zur Erreichung gleichmäßiger Wirksamkeit und zur Vermeidung von Pflanzenbeschädigungen durch ungleichmäßige Zusammensetzungen der Spritzflecken. Gleichbleibende Beschaffenheit der Brühen während der Dauer des Spritzganges wird durch gute Schwebefähigkeit der in der Flüssigkeit befindlichen Suspensionen erreicht. Je mehr das spezifische Gewicht der Suspensionen mit dem der Flüssigkeit übereinstimmt, um so größer ist die Schwebefähigkeit der Spritzbrühen. Die zur Erhöhung der Schwebefähigkeit der Arsenpräparate zur Verwendung kommenden Hilfsstoffe (Gelatine, Saponin, Mehlkleister, Wasserglas, Melasse, Kalziumkaseinat) bewirken zum Teil eine Erhöhung und damit eine Annäherung des spez. Gewichtes der Flüssigkeit an das der Suspensionen. Würden keine weiteren Faktoren für die Schwebefähigkeit in Frage kommen, so ließe sich dieselbe in einfacher Weise durch das spezifische Gewicht der Suspensionen ausdrücken. Die Schwebefähigkeit von Suspensionen wird jedoch in starkem Maße noch durch die Oberflächengröße und Formgestaltung der einzelnen Teilchen beeinflußt. Der durch bestimmte Körnchengröße und Körnchenform vermehrte Druck- und Reibungswiderstand erhöht die Schwebefähigkeit, die ihrerseits noch durch den kolloidalen und gelartigen Charakter der oben genannten Hilfsstoffe gesteigert werden kann.

Von den zur Messung der Schwebefähigkeit von Spritzbrühen gebräuchlichen Methoden beschränken sich die einen auf die Messung des Feinheitsgrades, die anderen berücksichtigen jedoch auch die durch Oberflächengröße und Formgestaltung stark beeinflußte eigentliche Schwebefähigkeit. Die Messung des Feinheitsgrades kann in ähnlicher Weise, wie bei den Stäubemitteln, erfolgen durch mikroskopische Messungen, durch Benutzung von Siebvorrichtungen bekannter Maschenweite und durch Bestimmung des Schüttegewichtes. Nähere Angaben über diese Methode finden sich bei den Stäubemitteln auf S. 254. Zur Feststellung des Mengenverhältnisses der einzelnen Körnchengrößen in einer Aufschwemmung bringen Mach und Lederle[1]) ein Schlämmverfahren in Vorschlag, das bisher zur Bodenuntersuchung benutzt wurde und auch zur Bestimmung des Feinheitsgrades von Schwefel- und Arsen-

[1]) König: Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, 1926, 5. Aufl., Bd. 2, S. 880.

pulver geeignet ist. Durch Aufschlämmen des Schwefels in einer Gelatine-Glyzerinlösung und Bestimmung der nach bestimmten Intervallen abschlämmbaren Teilchen gelingt es, zu einer ausreichenden Trennung der verschiedenen Teilchengrößen zu gelangen, die dann mikroskopisch gemessen werden müssen. Die Methode ist in ihrer Ausführung sehr umständlich.

Bei der zweiten Gruppe der Untersuchungsmethoden wird die Schwebefähigkeit des Mittels in seinem natürlichen Dispersionsmittel (Wasser) oder in einem nicht lösenden Medium untersucht. In der Regel wurde bisher die Schwebefähigkeit der Arsenpräparate nach der Höhe des Bodensatzes gemessen, der bei einer bestimmten Menge des Arsensalzes in einer nach Volumen und Höhe bestimmten Flüssigkeitssäule während einer gegebenen Zeitdauer sich bildet; in einigen Fällen wurde auch als Maß die Zeit genommen, in der eine Flüssigkeitssäule von bestimmter Höhe völlig wieder klar wurde, so daß dahinter gehaltene Schriftproben gut lesbar waren. Die erste der beiden Methoden wurde in neuester Zeit von G. Hilgendorff[1]) dadurch in eine feste Form gebracht, daß zur Messung z. B. von Arsenpräparaten das zur Feinheitsbestimmung des Schwefels gebräuchliche Sulfurimeter (s. S. 255) benutzt wurde. Die von Hilgendorff untersuchten Schweinfurtergrün-Pulver wurden in einer Menge von 5 g mit reinem Äther im Sulfurimeter längere Zeit geschüttelt und dann bei konstanter Temperatur von 17,5° C unter Vermeidung jeder Erschütterung auf ihre Absetzungsgeschwindigkeit durch Messung des Bodensatzes geprüft.

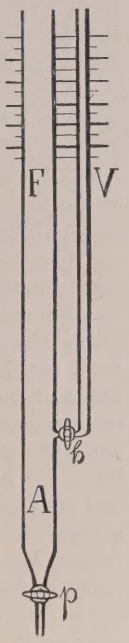


Abb. 12. Zweischenkel-Flockungsmesser.

Durch neuere Versuche[2]) konnte weiter festgestellt werden, daß der auf dem Gebiete der Bodenuntersuchungen, speziell der Schlämmanalyse, benutzte Zweischenkel-Flockungsmesser[3]) zur schnellen Messung der Schwebefähigkeit von Arsenpräparaten verwandt und wegen seiner Einfachheit und seiner Handlichkeit empfohlen werden kann. Der von Wiegner, Oswald und Hahn konstruierte Zweischenkel-Flockungsmesser (Abb. 12) stützt sich auf das Prinzip der Höhenunterschiede zweier Flüssigkeiten in einer kommunizierenden Röhre und die Änderung dieses

[1]) Hilgendorff, G.: Über die Normierung des Schweinfurtergrüns. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1927, Nr. 1.

[2]) Trappmann, W.: Vergleichende Messung der Schwebefähigkeit von Arsenmitteln. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1925, Nr. 8.

[3]) Zu beziehen durch P. Altmann, Berlin NW, Luisenstr. 47.

Unterschiedes, wenn die Dichte der einen Flüssigkeit in dem einen Schenkel durch Sedimentation einer in ihr enthaltenen dispersen Phase abnimmt. Der Apparat besteht aus zwei 1 bis 1,30 m langen, kommunizierenden Röhren (Abb. 12), von denen das engere Rohr (3 bis 6 mm Durchmesser) als Meß- oder Vergleichsrohr *V* durch den gut eingeschliffenen Hahn *h* vom Nachbarrohr zu trennen ist, während das weitere (6 bis 10 cm Durchmesser) Fallrohr *F* unterhalb der Verbindung mit dem Vergleichsrohr noch einen 8 bis 10 cm langen, pipettenartig schließenden und mit einem Hahn versehenen Ansatz *A* hat. Das Verbindungsrohr zwischen Vergleichsrohr und Fallrohr ist englumig, damit das Vermischen der Vergleichsflüssigkeit mit der Aufschwemmung eingeschränkt wird. An oder hinter den Rohren befindet sich eine Skala zum Ablesen der Flüssigkeitssäule. Zum Schutz vor Zerbrechen werden die Rohre zweckmäßig auf einem größeren Brett befestigt.

Eine ausflockende Substanz, wie frisch gefälltes Bleiarseniat oder frisch angesetzte Kupferkalkbrühe (s. S. 212), ist von größerer Schwebefähigkeit als alte, tagelang abgestandene Spritzbrühen und als die in kristallinischer Form benutzten Schweinfurtergrün-Präparate. Letztere sucht man in ihrer Schwebefähigkeit zu verbessern einmal durch Zusatz bestimmter, oben schon genannter Hilfsstoffe, dann aber hat man in Erfahrung gebracht, daß bei Kombinationen dieser Arsenbrühen mit Kupferkalkbrühe oder Kupfersodabrühe die Schwebefähigkeit der Arsenteilchen durch die kolloidalen Bestandteile der Kupferbrühen stark erhöht wird und daß eine längere Haltbarkeit dieser Schwebefähigkeit noch durch bestimmte Hilfsstoffe (Zucker, Magnesiumsulfat) möglich ist. Durch immer feinere Mahlung des Grundstoffes versucht die Pflanzenschutzmittelindustrie fernerhin außer der toxischen Wirkung die Schwebefähigkeit der Brühen so zu steigern, daß ein Absetzen der dispersen Phase nicht mehr eintritt und die Brühen große Ähnlichkeit mit kolloidalen Lösungen bekommen (vgl. S. 227). Endlich sind die zur Herstellung von Ölemulsionen gebräuchlichen Emulgierungsmittel (vgl. S. 203) nichts anderes als Hilfsstoffe, durch die die Schwebefähigkeit der feinen Öltröpfchen ermöglicht und erhalten wird.

e) Haftfähigkeit

Durch Arsenüberzüge sucht man Pflanzen vor Insektenfraß, durch Kupfer- oder Schwefelüberzüge vor Pilzbefall zu schützen. Um eine möglichst langdauernde Wirksamkeit dieser prophylaktisch wirkenden Mittel zu erhalten, muß von ihren Spritzflecken eine allen Witterungseinflüssen trotzende Haftfähigkeit (Regenbeständigkeit) verlangt werden. Frisch

angesetzte Kupferkalkbrühen und die mit solcher Kupferkalkbrühe zusammen verspritzten Arsenmittel geben infolge der der Kupferkalkbrühe eigenen kolloidalen Bestandteile sehr wetterfeste Spritzflecken, die oft noch nach Monaten ausreichende Giftmengen auf den Blättern enthalten. Fehlt den Mitteln diese natürliche Haftfähigkeit, so sucht man gute Wetterfestigkeit durch Zusatz von Hilfsstoffen (Kalk, Wasserglas, Melasse, Stärke, Leim, Kasein, Seife, Harzölseife, Gelatine) zu erreichen, welche mehr oder weniger regenbeständige und die Assimilation und die Entwicklung der Blätter möglichst wenig hindernde Spritzflecken geben. Von den Hilfsstoffen haben sich die kolloidalen Eiweißstoffe, insbesondere Kalziumkaseinat, als vorzügliche Haftmittel bewährt, da sie aus einem in der Spritzflüssigkeit löslichen Zustand nach der Verteilung auf dem Blatt in einen unlöslichen Zustand übergehen. Kalziumkaseinat wird nach verschiedensten Vorschriften[1]) selbst bereitet und kann auch, besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika, als fertige Handelspräparate (Kayso, Red Diamond) bezogen werden. Die Steigerung der Haftfähigkeit durch Zusatz von Kasein ist verschiedentlich untersucht worden; so fand z. B. Schaffnit[2]), daß Weinblätter 16 Wochen nach der Behandlung mit Kupferkaseinkalkbrühe die doppelte Menge Kupfer enthielten als die mit einfacher Kupferkalkbrühe behandelten Blätter. Die durch gute Haftfähigkeit der Spritzflecken erzielte Erhöhung der toxischen Wirkung ist oft bedeutend; so konnte in amerikanischen Versuchen eine Steigerung der Giftwirkung um 100 Proz. beobachtet werden. Kalziumkaseinat ist nur bei alkalischen Brühen anwendbar und muß bei sauren Brühen durch Gelatine ersetzt werden; es soll nach amerikanischen Versuchen außer der Steigerung der Haftfähigkeit noch weitere Vorteile bezüglich der Wirkung und Kombinationsmöglichkeit (vgl. S. 243) bieten.

Versuche, Leinöle und Fischöle als Haftmittel zu benutzen, haben van Leeuwen und van der Meulen[3]) dazu geführt, auch metallische Seifen versuchsweise bei Bleiarseniatbrühen anzuwenden. Es zeigte sich, daß Bleioleat, wenn es unter geeigneten Bedingungen zur Ausfällung gebracht wird, eine innige Mischung von winzigen Bleioleattröpfchen und Bleiarseniatpartikelchen bewirkt, und daß nach dem Antrocknen der Spritztröpfchen das in den Spritzflecken enthaltene Bleiarseniat durch diese Mischung eine sehr große Haftfähigkeit zeigt, die auch in einer

[1]) Riehm, E.: Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt, 1923, Heft 24, S. 15.

[2]) Schaffnit: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, 1921, Bd. 31, S. 19.

[3]) Van Leeuwen und van der Meulen: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 367 und 744.

guten toxischen Wirkung gegenüber den ohne Bleioleat verspritzten Bleiarseniatbrühen zum Ausdruck kommt.

Die Haftfähigkeit wurde bisher als gute „Klebkraft" erklärt, worunter man ganz allgemein Wasserunlöslichkeit, dann aber auch durch physikalische Ursachen, wie Viskosität und Oberflächenspannung, bedingte Eigenschaften verstand. Neuerdings versucht W. Moore [1]) eine schon 1921 von ihm aufgestellte Theorie weiter auszubauen, nach welcher die Haftfähigkeit von Arsenbrühen auf Pflanzen von den elektrischen Ladungen abhängen soll. Moore fand, daß die Epidermis der verschiedensten Blätter sich als negativ elektrisch zeigte, während die verschiedenen Arsenpartikelchen der zu Arsenbrühen verwandten Arsensalze entweder neutral oder negativ oder positiv elektrisch geladen waren. Es zeigte sich, daß nur die Arsenbrühen mit positiv geladenen Arsenteilchen auf den negativ geladenen Blättern vorzüglich hafteten und weder durch Tau noch durch Regen merklich beeinträchtigt wurden. Moore erklärt die Erscheinung wie folgt: Wässerige Salzlösungen sind ionisiert, d. h. die einzelnen Atome oder Atomgruppen sind mit + - oder — -Ionen geladen. Die Ionen erreichen oft kolloidale Dimensionen und sind dann als positive oder negative Kolloide bekannt. Ähnlich verhält es sich mit sehr feinen Suspensionen. Arsenbrühen besitzen nach W. Moore ebenfalls positive Metallionen und negative Arsenit- und Arseniationen. In der Regel ist das Verhältnis so, daß das ausgefällte Arsen neutral ist. Unter bestimmten Bedingungen aber überwiegt durch Überschuß der Metallatome die positive Ladung der Arsenbrühen. Dieser Überschuß hält besonders bei Feuchtigkeit, Tau oder Regen die Arsenpartikelchen auf der negativen Blattoberfläche fest. Nach Angaben von Moore besitzen die Brühen von Bleiarseniat, Schweinfurtergrün und Kalziumarseniat negative Ladungen; sie streben demnach von den negativen Blattflächen weg und haften nicht, während Aufschwemmungen der Arsensalze von Aluminium, Chrom und Eisen infolge ihrer positiven elektrischen Ladung eine vorzügliche Haftfähigkeit auf den Blättern zeigen. Nach Moore wären also die Mittel auch nach ihrer elektrischen Ladung auszuwählen, und die negativ geladenen Arsenbrühen wären unbrauchbar, wenn sie nicht durch den Zusatz geeigneter Haftmittel gebessert werden können. Auch auf die Stäubemittel (vgl. S. 256) wendet Moore seine neue Afttheorie an, die jedoch noch keine Bestätigung und noch keine praktische Verwendung gefunden hat.

Für die Prüfung von Spritzmitteln ist die Bewertung der Haftfähigkeit ebenso wichtig wie die Messung der Benetzungs- und

[1]) Moore, W.: Journal of economic Entomology, 1925. Vol. 18, S. 282.

Schwebefähigkeit. Die Methoden zur Messung der Haftfähigkeit sind jedoch noch sehr fehlerhaft. Man benutzt zur Messung die Methode der Gewichtsbestimmung, die chemische Analyse, die kolorimetrische Methode und die biologische Prüfung.

Bei der Methode der Gewichtsbestimmung läßt man in der Regel Glasplatten mit angetrockneten Spritzflecken längere Zeit durch Brausen künstlich beregnen, wägt vor und nach der Beregnung die getrockneten Glasplatten und stellt so die durch die Abwaschung verursachten Gewichtsverluste fest. Bei den aus Grundstoff und verschiedenen Hilfsstoffen zusammengesetzten Spritzmitteln gibt die Methode keinen Anhalt, welchen Anteil gerade der Giftstoff an dem Gewichtsverlust hat; weiter zeigt die Methode nur die Haftfähigkeit des betreffenden Spritzmittels auf Glas.

Bei der Methode der Haftfähigkeitsmessung durch chemische Analyse werden Blätter mit einer bestimmten Menge Arsenbrühe so bespritzt, daß nichts durch Abtropfen verlorengeht. Nach dem Eintrocknen der Spritzflecken werden die Blätter längere Zeit künstlich beregnet und dann durch chemische Analyse auf ihren Arsengehalt geprüft; der Arsenverlust gibt einen Wertmesser für die Haftfähigkeit. Die Fehlergrenzen sind bei dieser Methode sehr groß; sie werden vielleicht geringer, wenn man eine bestimmte Menge Laub gleichmäßig bespritzt, von diesem Laub dann einen Teil sofort auf seinen Arsengehalt untersucht und den anderen Teil erst nach längerem Beregnen einer Arsenbestimmung unterzieht. Beide Arsenbestimmungen, bezogen auf eine bestimmte Menge Blatt-Trockensubstanz, geben dann den Arsenverlust an.

Bei der dritten, der kolorimetrischen Methode werden chemische Farbreaktionen oder die Bildung deutlich sichtbarer chemischer Niederschläge zur Bestimmung des nach der Beregnung noch vorhandenen Spritzbelags benutzt. Im ersten Falle werden die Spritzbrühen mit einem Indikator (z. B. Phenolphthalein) verspritzt und später auf den Blättern durch den Zusatz von Alkalien sichtbar gemacht. Bei der Bildung deutlich sichtbarer Niederschläge, einer von Hamilton und Smith[1]) angewandten Methode, geht man von dem Grundgedanken aus, daß Bleisalze, auch Bleiarseniat, in Natriumhydroxydlösungen löslich sind. Auf einem mit NaOH getränkten Filtrierpapier kann also durch Pressen ein natürlicher Abdruck des Bleiarseniatbelages erhalten werden, der durch Überleiten von Schwefelwasserstoff in Bleisulfid übergeführt und sichtbar

[1]) Hamilton und Smith: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 502.

gemacht werden kann. Aus dem Farbton des Abdrucks kann auf die Stärke des Bleiarseniatbelages geschlossen werden. Eine weitere, von den gleichen Autoren empfohlene Methode läßt die Bleiarseniatüberzüge von Blättern durch Natronlauge in Lösung gehen und durch Schwefelwasserstoff bei Anwesenheit eines Kolloids (Gummi arabicum) als fein verteilte Bleisulfidpartikelchen ausfällen, die wegen des Kolloids lange Zeit in Schwebe bleiben; durch Vergleich mit Standardmitteln (Testlösungen) kann die Bleimenge festgestellt werden. Auch die Kupferkalkbrühe kann färbetechnisch auf Glasplatten festgestellt werden, indem man, wie E. W. Schmidt[1]) angibt, die Glasplatten mit verdünnter Ferrozyankaliumlösung überschichtet, wobei sich die Spritzflecken rot färben; die Stärke des Spritzbelages kann dabei mikroskopisch festgestellt werden.

Die letzte Methode zur Haftfähigkeitsmessung, die biologische Methode, wurde von E. W. Schmidt vorgeschlagen. Nach ihr wird das Spritzmittel auf Glasplatten (6 × 9 cm) normal aufgespritzt, und nach dem Abtrocknen werden Aufschwemmungen von Pilzsporen in kleinen Tröpfchen aufgesetzt, in feuchter Kammer gehalten und die Sporenkeimung beobachtet. Die Glasplatte wird dann beregnet, wobei alle Pilzsporen abgewaschen werden, getrocknet, wieder mit Pilzsporenaufschwemmungen beschickt und in feuchter Kammer auf Keimung der Pilzsporen beobachtet. Geringe Keimungshemmung nach der Beregnung zeigt eine geringe Regenbeständigkeit der Spritzflecken. Die Schmidtsche Methode wird dort gut anzuwenden sein, wo es sich um prophylaktisch wirkende, die Sporenkeimung hemmende Mittel handelt; sie wird sich jedoch auf die Haftfähigkeitsmessung anderer fungizider und insektizider Mittel nur schwer übertragen lassen.

Mit der Haftfähigkeit eng verknüpft ist die Sichtbarkeit der Spritzflecken. Die Sichtbarkeit ist zur Kontrolle der Arbeiter, zur leichteren Durchführung der Bekämpfungsmaßnahmen und zur Beurteilung der Haftfähigkeit eines Spritzmittels sehr erwünscht, in vielen Fällen, z. B. wenn gleich gut wirkende Mittel mit guter Sichtbarkeit schon im Gebrauch sind, für ein neues Mittel im Interesse der Hersteller sogar erforderlich. Trotzdem aber darf das Fehlen der Sichtbarkeit niemals ausschlaggebend sein für die endgültige Bewertung von Spritzmitteln. In den meisten Fällen ist es auch möglich, dem Mittel durch Zugabe von geeignet gefärbten und gut haftenden Hilfsstoffen die noch fehlende Eigenschaft der guten Sichtbarkeit seiner Spritzflecken zu geben (vgl. S. 257).

---

[1]) Schmidt, E. W.: Zeitschrift für angew. Chemie, 37. Jahrg., 1924, S. 267.

f) Anwendungsweise der Spritzmittel

Für eine erfolgreiche Anwendung ist außer der Auswahl des geeigneten Spritzmittels und der richtigen Zubereitung der Spritzflüssigkeit noch die Art und die Zeit der Spritzung von Wichtigkeit.

Je nach der therapeutischen oder prophylaktischen Wirkungsart ist die Anwendungsweise der Spritzmittel eine verschiedene. Bei den vorbeugend wirkenden Mitteln (Arsenmitteln, zahlreichen Fungiziden) wird die Spritzflüssigkeit aus enger Düse unter starkem Druck als fein verteilter Sprühregen über die ganze Pflanze verteilt, so daß alle bedrohten Pflanzenteile von einem dichten Giftüberzug feinster Tröpfchen bedeckt sind. Zur gleichmäßigen Verteilung des Giftbelages auf den Blättern darf die Spritzflüssigkeit nicht in zu großer Menge verwandt werden, damit nicht die einzelnen Spritztröpfchen zusammen- und als Tropfen von den Blättern abfließen. Bei den therapeutisch wirkenden Blatt- und Blutlausmitteln hingegen ist es notwendig, mit kräftigem, starkem Spritzstrahl (aus weiter Spritzdüsenöffnung) große Flüssigkeitsmengen auf die Blut- und Blattlauskolonien aufzuspritzen, damit die oft durch starke Wachsausscheidungen vor Benetzung sehr geschützten Tiere sämtlich getroffen und abgetötet werden. Auch die in Gespinsten, zwischen Blätterwerk oder in den Gescheinen und Trauben des Weinstockes sitzenden Schädlinge erfordern einen kräftigen, vollen Strahl, damit die Verstecke förmlich ausgewaschen werden.

Für den Zeitpunkt des Spritzens ist das Auftreten des Schädlings und die Möglichkeit seiner Bekämpfung wichtig. Der Spritztermin kann unter Umständen sehr eng begrenzt sein, wie es z. B. bei der Obstmade der Fall ist, wo die erste Spritzung kurz nach Abfall der Blütenblätter zu erfolgen hat, um die zu dieser Zeit noch frei in der Kelchgrube und am jungen Fruchtknoten lebende Made vor dem Eindringen in die junge Frucht zu erfassen. In Gebieten mit einheitlichem Kulturbetrieb, wie z. B. unseren Weinbaugebieten, werden die in jedem Jahr je nach der Witterung wechselnden Spritztermine von den Staatlichen Forschungsanstalten festgestellt und öffentlich bekanntgegeben.

An Spritzflüssigkeit wird im Durchschnitt verbraucht für:

Beerenobst: mittelgroßer Strauch 1—2 Liter,
Obstbäume: jüngerer Hochstamm: 4—10 Liter,
älterer Hochstamm: 10—25 Liter,
1 ha Feldfläche: 600—1000 Liter,
1 Morgen Reben (= 2000 Rebstöcke): 600—1000 Liter.

Bei der Psyllabekämpfung im „Alten Lande" wurden je Hektar Obstanbaufläche etwa 3000—4000 Liter Spritzbrühe benötigt.

g) Spritzapparate

Die einfachste Art, flüssige Pflanzenschutzmittel auf Pflanzen zu verteilen, ist das Versprengen der Flüssigkeit mittels eines Reiserbesens oder einer Gießkanne. Die Methoden sind so unvollkommen, daß sie ohne jede Bedeutung sind; die Verteilung der Spritzmittel geschieht vielmehr allgemein mit Hilfe besonderer, mehr oder weniger kompliziert gebauter Spritzapparate [1]).

Von brauchbaren Spritzapparaten wird verlangt, daß sie aus bestem Material hergestellt sind, durch solide Verarbeitung ein gutes und sicheres Arbeiten ermöglichen, sich schnell reinigen lassen und eine möglichst einfache Konstruktion zeigen, damit Reparaturen leicht vorgenommen werden können. Als Material kommt in erster Linie Kupfer in Frage, das dauerhaft ist und den meisten Spritzlösungen gut widersteht, nur für schwefelhaltige Spritzmittel, wie Schwefelkalkbrühe und Schwefelleberlösung, sind kupferne Spritzapparate ungeeignet. In diesen Fällen werden die aus Kupfer oder Messing bestehenden Spritzbehälter innen verzinnt oder verbleit, oder die Behälter werden aus besonderem bronzeartigen Spezialmetall hergestellt. Spritzapparate aus Eisen oder Stahlblech sind am billigsten, doch sind sie, auch wenn sie verbleit oder verzinnt sind, als sehr wenig dauerhaft abzulehnen. Für das Verspritzen von Petroleumemulsionen oder Obstbaumkarbolineen sind an den Ventilen und Abdichtungen der Spritzapparate Gummiteile zu vermeiden und zweckmäßig durch Leder zu ersetzen.

Je nach ihrer Verwendung werden die Spritzapparate in den verschiedensten Größen hergestellt. Für den Kleingärtner kommen kleine, leicht in der Hand zu tragende Spritzapparate (Handspritzen), für den mittelgroßen Betrieb größere, von Arbeitern auf dem Rücken (Rückenspritzen) oder in steilen Lagen auch wohl von Tragtieren zu tragende Spritzapparate, für den Großbetrieb auf Wagen oder Schlitten montierte, fahrbare Spritzapparate in Betracht.

Für die Einteilung der Spritzapparate können wir Apparate ohne Preßluft- und solche mit Preßluftbenutzung unterscheiden; bei den letzteren wird die Preßluft entweder während oder vor der Bespritzung erzeugt. Für gleichmäßige Verspritzung der zur Bodensatzbildung neigenden Spritzbrühen (Arsenkalkbrühen) ist den Spritzen häufig ein mit dem Pumpenhebel verbundenes Rührwerk eingebaut, bei dem durch auf- und niedergehende Siebplatten oder durch hin und her bewegte Schaufeln oder rotierende Quirler die Spritzflüssigkeit ständig durcheinander gewirbelt wird.

---

[1]) Vgl. Zillig, H.: Flugbl. 89 der Biol. Reichsanstalt.

Für die Lieferung von Spritzapparaten kommen u. a. die deutschen Firmen Gebr. Holder in Metzingen (Württ.), C. Platz in Ludwigshafen a. Rh. und Fr. Altmann in Berlin NO 43 in Betracht, die auf Verlangen umfangreiche Preisverzeichnisse mit Abbildungen verschicken, aus denen das Wichtigste zu ersehen ist. Die einfachsten Spritzapparate sind die ohne Preßluft nach dem System der Hydronetten arbeitenden Hand- oder Blumenspritzen (Abb. 13). Es sind einfache Kolbenpumpen, die beim Zurückziehen des Pumpenkolbens sich vollsaugen und beim Vordrücken des Kolbens die Spritzflüssigkeit durch besondere Spritzdüsen nebelförmig zerstäuben. Eine besondere Zuführung der Spritzflüssigkeit mittels Schlauch oder ein eingebauter kleiner Behälter für die Spritzflüssigkeit kann die Arbeitsweise erleichtern. Die Handspritzen

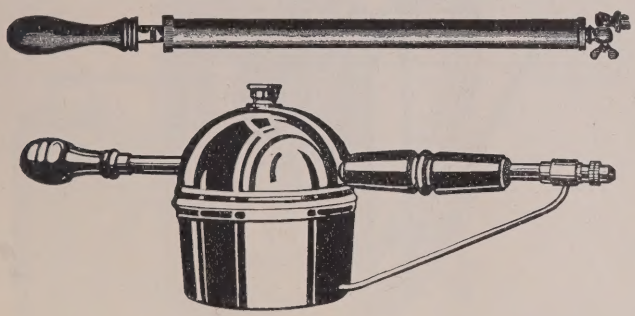


Abb. 13.
Handspritzen, die untere Spritze mit Behälter für die Spritzflüssigkeit. (Altmann.)

kommen nur zur Behandlung einzelner Topfflanzen, besonders in Gewächshäusern, in Betracht. In etwas größerer Bauart werden einfache Kolbenpumpen für den Kleingärtner noch als sogenannte Kübelpumpen verwandt, indem feststehende Handpumpen an Kübeln oder Eimern angebracht werden, die in den Behältern befindliche Spritzflüssigkeit aufsaugen und dem Spritzrohr zuführen.

Da die Feinheit der Verteilung und die Reichweite des Spritzstrahles wesentlich von dem Druck abhängt, mit welchem die Spritzflüssigkeit durch die Spritzdüse ausgetrieben wird, hat man beizeiten Hochdruck zur Verteilung der Spritzflüssigkeiten zu Hilfe genommen. Dieser Hochdruck wird bei den nichtautomatischen Spritzen als Flüssigkeitshochdruck in besonderen, mit der Pumpe verbundenen Windkesseln erzeugt, indem eine Pumpe die Flüssigkeit aus dem Spritzbehälter ansaugt, in den Windkessel eintreibt und dort unter Druck bringt. Die Pumpe ist

während des Spritzganges dauernd in Tätigkeit; sie wird bei stehenden Spritzen und tragbaren Spritzen (Rückenspritzen) mit der Hand, bei fahrbaren Spritzen (z. B. Hederichspritzen) durch Achsenübertragung oder durch einen Motor angetrieben. Das älteste System dieser Spritzen ist die sogenannte Membranspritze (Abb. 14), die jahrzehntelang als Rückenspritze in allen Weinbaugebieten beliebt war und in Frankreich als „Vermorel-Spritze" bekannt ist. Bei ihr wird durch Auf- und Abschwingen einer scheibenförmigen Gummimembran (Hochdruckmembran) im Windkessel ein Hochdruck (2—3 Atm.) erzeugt, der die Spritzflüssigkeit hinaustreibt. Die Membranspritzen, deren Membranpumpen während der

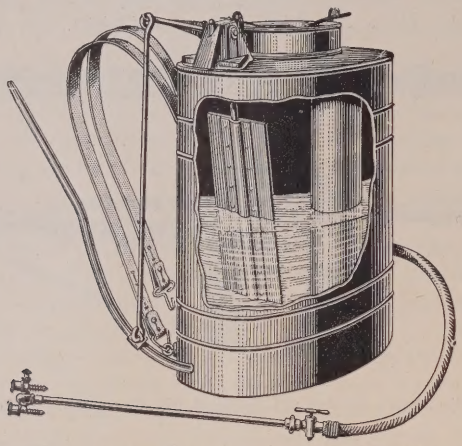


Abb. 14. Rückenspritze mit Membranpumpe und Rührwerk. (Holder.)

Spritzung durch Hebel mit der linken Hand bedient werden, während die rechte Hand das Spritzrohr führt, sind für Weinberge brauchbar; sie haben jedoch für höhere Obstbäume einen zu geringen Druck und sind wegen ihrer Gummimembran für Karbolineum, Petroleumseifenemulsion und Schwefelkalkbrühe ungeeignet.

Durch Ersatz der Membranpumpe durch eine Kolbenpumpe entsteht die sogenannte Kolbenspritze, bei welcher durch Auf- und Niedergehen eines Kolbens in einem Kolbenzylinder der Hochdruck im Windkessel erzeugt wird. Die Kolbenspritzen, die als Rückenspritzen (Abb. 15 u. 16) als stehende Bottich- oder Kübelspritzen (Abb. 17 u. 18) gebaut werden, ergeben einen höheren Druck als die Membranspritzen und sind daher im Obstbau zu verwenden. Eine besondere Verwendung haben die Spritzen

mit Kolbenpumpen als fahrbare Karrenspritzen (sog. Hederichspritzen) gefunden, indem ein großer Spritzbehälter auf einem Wagen montiert, der notwendige Hochdruck durch eine mit der Achse des Wagens gekuppelte Kolbenpumpe oder doppelt wirkende Plungerpumpe erzeugt und die Spritzflüssigkeit aus einem, mit zahlreichen Düsen versehenen, die ganze Wagenbreite einnehmenden Auslaufrohr verspritzt wird (Abb. 19).

Die rationelle Schädlingsbekämpfung in Großbetrieben ist aber noch weiter gegangen, indem sie Benzin- und Elektromotore als Kraftquelle

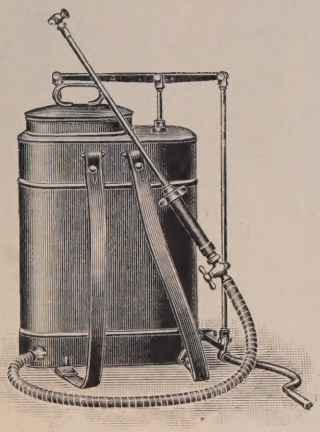


Abb. 15. Rückenspritze mit Kolbenpumpe und Rührwerk. (Holder.)

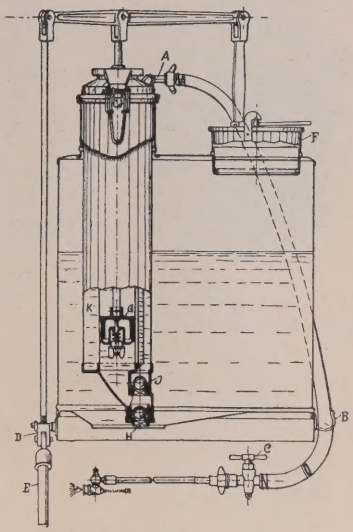


Abb. 16. Schema einer Rückenspritze mit Kolbenpumpe. (Holder.)

für Spritzapparate dienstbar machte. Diese Motorspritzen (Abb. 20), die bisher in Deutschland von den Firmen C. Platz in Ludwigshafen und Gebr. Holder in Metzingen gebaut wurden, bestehen aus einem 150 bis 300 Liter Spritzflüssigkeit fassenden, auf 2- oder 4-rädrigen Wagen gebauten Messingbehälter und einer durch einen kleinen Benzin- oder Elektromotor angetriebenen, doppeltwirkenden Plungerpumpe. Die Spritzen sind imstande, 4 Spritzleitungen unter dem Druck von 20 Atmosphären zu speisen. Mit 2 Schlauchleitungen lassen sich im allgemeinen stündlich 60 Obstbäume behandeln. Infolge der von 4 Mann (2 Mann führen die Spritzrohre, 2 Mann beaufsichtigen Motor und Pferd und sorgen für Nach-

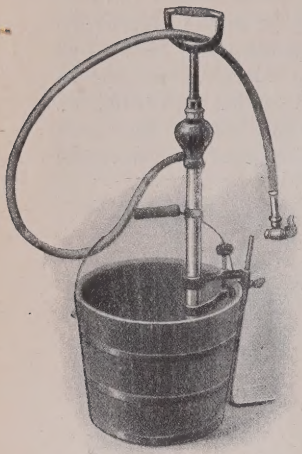


Abb. 17.
Kleine Faßspritze. (Platz.)

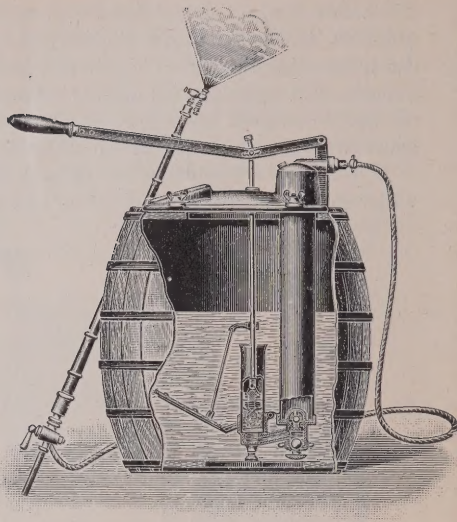


Abb. 18. Faßspritze mit Kolbenpumpe und Rührwerk. (Holder.)

füllung der Spritzlösung) und einem Pferd auszuführenden Arbeitsleistung von 600 Bäumen in 10stündigem Arbeitstag sind die Motorspritzen den Rückenspritzen bei weitem überlegen und kommen besonders für Groß-

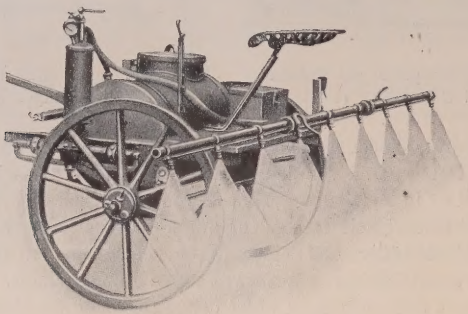


Abb. 19. Hederichspritze mit doppeltwirkender Plungerpumpe und Antrieb durch Laufrad. (Platz.)

betriebe in Betracht. Mit der Plungerpumpe ist häufig noch eine Luftpumpe verbunden, welche das Aufrühren der Spritzbrühen bewirkt und so für eine gleichmäßige Beschaffenheit der Spritzflüssigkeit während des Spritzganges sorgt.

Bei den bisher betrachteten Rückenspritzen mußte die linke Hand die Pumpe bedienen, während die rechte Hand das Spritzrohr führte. Es er-

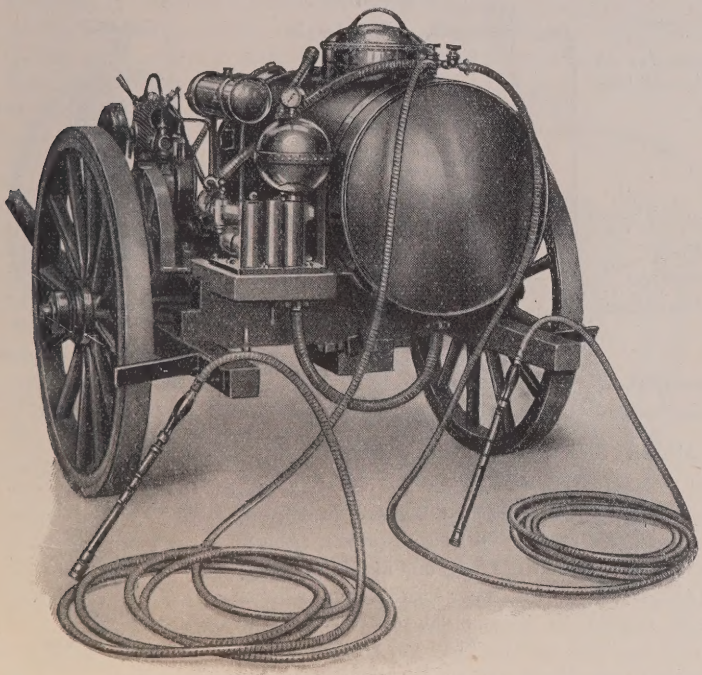


Abb. 20. Motorbaumspritze. (Holder.)

wies sich besonders in steilen Weinberganlagen bald als wünschenswert, auch die linke Hand von der Pumparbeit frei zu bekommen, indem Preßluft vor der Spritzung erzeugt und dadurch ein selbständiges Verspritzen der Spritzflüssigkeit ermöglicht wurde. Es entstanden so die selbsttätigen oder „automatischen Druckluftspritzen" (Abb. 21, 22 u. 23). Bei ihnen ist der luftdicht verschließbare Spritzbehälter auch zugleich Preßluftbehälter, der zu zwei Drittel mit Spritzflüssigkeit

gefüllt und dann durch eine eingebaute Luftpumpe auf 5 Atm. Arbeitsdruck aufgepumpt wird. Durch Öffnen des Hahnes am Ausflußrohr (Abb. 21: Schlauchanschluß) wird die Spritzflüssigkeit durch die Preßluft ausgetrieben. Die selbsttätigen Spritzen, die mit Manometer und Sicher-

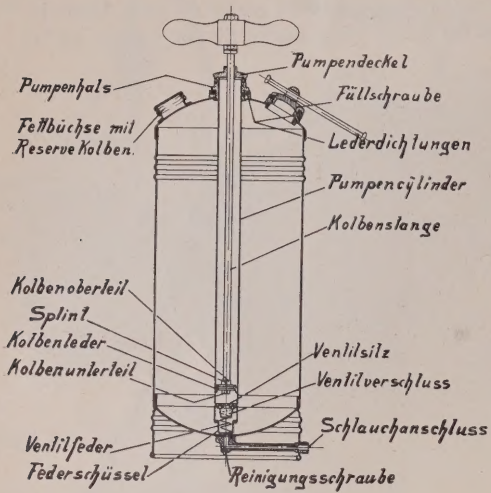


Abb. 21. Schema einer selbsttätigen Rückenspritze. (Holder.)

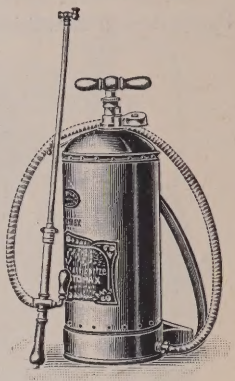


Abb. 22. Selbsttätige Rückenspritze. (Platz.)

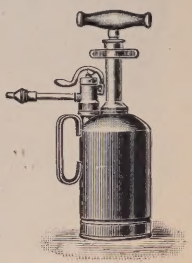


Abb. 23. Kleine selbsttätige Handspritze. (Holder.)

heitsventil ausgestattet sind, kommen in den verschiedensten Größen als Rückenspritzen (Abb. 21 u. 22) zu 6, 12 und 15 Litern und als Handspritzen (Abb. 23) zu 1—5 Litern zur Ausführung, sie haben sich sowohl im Kleinbetrieb (Gärtnereien) als auch im Obst- und Weinbau gut eingeführt. Bei steilem Rebgelände sind sie allerdings durch den Einbau der Pumpe etwas schwer; auch ist es bei starker Füllung der Spritze mit Spritzflüssigkeit oft notwendig, während des Spritzganges die Spritze nochmals aufzupumpen, da die anfangs aufgepumpte Preßluft zur restlosen, feinen Verteilung der letzten Spritzflüssigkeitsmenge oft nicht mehr ausreicht.

Als Spezialmodell der automatischen Rückenspritzen brachten die Firmen Holder und Platz eine von der sonst üblichen zylindrischen Form abweichende selbsttätige Kugelspritze heraus, deren Behälter eine vollständige Kugelform besitzt und daher die viel Bücken beanspruchende

Heu- und Sauerwurmbekämpfung erleichtert. Eine weitere, mit zwei Behältern versehene, die Verspritzung von Petroleum und Wasser in einem regulierbarem Verhältnis ohne vorhergehende Emulgierung mit Seife ermöglichende Petroleum-Wasserspritze hat sich nicht bewährt. Die Ölemulsionen werden heute vor der Spritzung mit Hilfe einer Blumenspritze oder unter Benutzung besonders gebauter Emulgierapparate regelrecht hergerichtet und dann mit einfachen automatischen Druckluftspritzen verspritzt. Zum Verspritzen von stark die Lederdichtungen angreifenden Flüssigkeiten sind automatische Spritzen gebaut worden, bei denen die Druckluftpumpe nicht in den Kessel eingebaut, sondern außerhalb des Spritzbehälters angebracht oder ganz von ihm gesondert ist und daher nicht mit der Spritzflüssigkeit in Berührung kommt. Zur Erhöhung der Arbeitsleistung können die selbsttätigen Rückenspritzen auch noch mit einer zweiten Hochdruck-Luftpumpe versehen werden (Holder), die eine Erhöhung des Betriebsdruckes von 5 auf 10 Atm. und daher eine höhere Reichweite des Spritzstrahles ermöglicht.

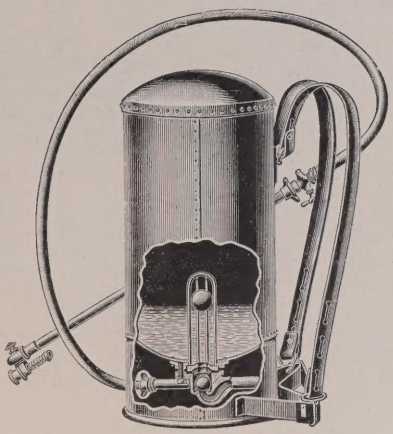


Abb. 24. Batteriespritze. (Holder.)

Die Entwicklung nach steigender, rationeller Ausnutzung der selbständigen Spritzapparate führte zu den sog. „Batteriespritzen". Als Batteriespritzen (Abb. 24 u. 25) bezeichnet man selbsttätig arbeitende Rückenspritzen, die keine eigene Pumpe besitzen, zu deren Füllung und Preßlufterzeugung daher besondere, als „Füllpumpen" bezeichnete Pumpen notwendig sind. Die Batteriespritzen sind luftdicht verschließbare, mit Einfüll- und Auslaufstutzen, Schwimmerventilkugel für die Luft und Rückschlagventilkugel für die Flüssigkeit versehene, 20—30 Liter Spritzflüssigkeit fassende Behälter, die zu Beginn der Spritzperiode mit Druckluft bis zu vier Atmosphären und vor jedem Spritzgang mit der Spritzflüssigkeit auf 8—10 Atmosphären gefüllt werden. Beim Spritzgang wird die Spritzflüssigkeit unter hohem Druck vollständig ausgetrieben; dann schließt die Schwimmerkugel das Auslaufventil ab, so daß in der Spritze der Überdruck von vier Atmosphären zurückbleibt und nur neue Flüssigkeit für die nächste Spritzung eingepumpt zu werden braucht. Die zu den Batteriespritzen ge-

hörigen Füllpumpen bestehen aus 1—2 Flüssigkeitspumpen zum Einfüllen der Flüssigkeit und 1 Luftpumpe zur Erzeugung des Hochdrucks, die durch einen gemeinschaftlichen Hebel je nach Bedarf aus- bzw. eingeschaltet werden können. Die Füllpumpen werden in der Regel als Hand-

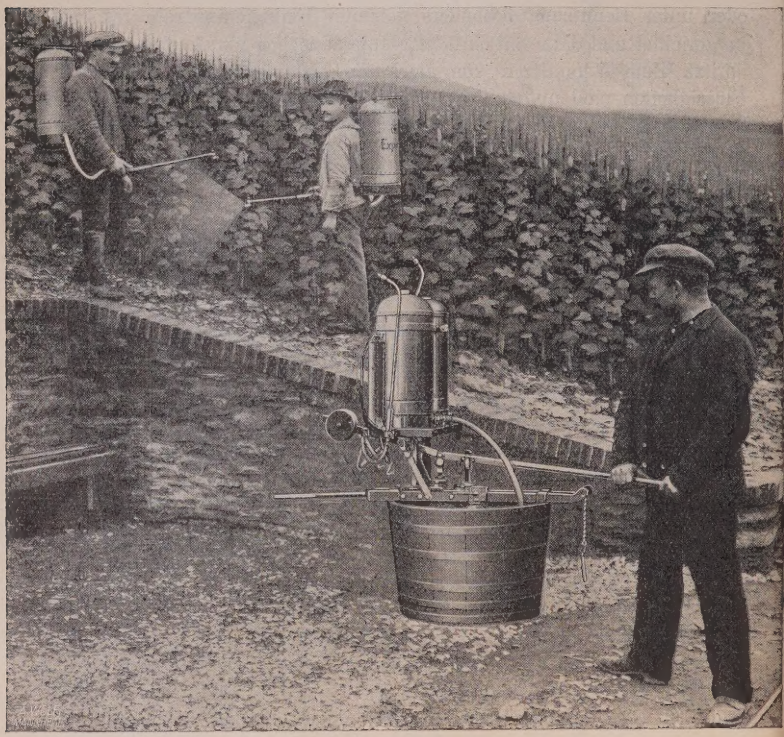


Abb. 25. Füllpumpe mit Batteriespritzen im Betrieb. (Platz.)

füllpumpen auf Holzbottichen von 50—200 Liter Inhalt aufmontiert und mit der Hand bedient (Abb. 25). Für den Kleinbetrieb kommen die Füllpumpen in kleiner Ausführung mit 1—3 Batteriespritzen (Klein Rapid, Platz [Abb. 26] und Kobold, Holder), für größere Betriebe solche in größerer Ausführung zum Betrieb von 6—12 Batteriespritzen zur Verwendung. Die Batteriespritzen haben sich im deutschen Weinbau sehr gut

eingeführt und werden dort stellenweise fast ausschließlich verwandt. Vor den automatischen Druckluftspritzen besitzen sie den für unsere steilen Rebanlagen wichtigen Vorteil des geringeren Gewichtes, da der Einbau der schweren Pumpe bei ihnen fehlt; weiterhin gestatten sie infolge des höheren Druckes (10 Atm. gegenüber 4—5 Atm.) ein schnelleres Arbeiten, eine feinere Verteilung (Ersparnis an Flüssigkeit) und ein vollständiges Verspritzen der Flüssigkeit, endlich gewähren sie eine bedeutende Ersparnis an Zeit und Arbeitslöhnen beim Füllen der Spritzen, da ein Aufpumpen der Preßluft in der Spritzperiode bloß einmal zu erfolgen hat, so daß bei jeder Neufüllung nur die Spritzflüssigkeit eingepumpt zu werden braucht.

Auch bei den Füllpumpen hat es sich als notwendig erwiesen, für Großbetriebe die Handarbeit durch Motorkraft zu ersetzen und so Arbeitsleistung und Rentabilität zu steigern. Derartige Motorfüllpumpen werden von den Firmen Gebr. Holder, Metzingen, und C. Platz, Ludwigshafen a. Rhein gebaut (Abb. 27 u. 28). Bei den Motorfüllpumpen wird die doppelt wirkende Plungerpumpe und die Luftpumpe durch einen Benzinmotor von $2^1/_2$—4 PS getrieben. Die Leistung der Motorfüllpumpen beträgt 30—45 Liter Spritzbrühe in der Minute, so daß das Aufpumpen der Luft und das Einfüllen der Flüssigkeit in eine 20 Liter fassende Batteriespritze in je 20—25 Sekunden durchzuführen ist und 20—25 Batteriespritzen von einer Motorfüllpumpe gleichzeitig in Betrieb gehalten werden können. Die Zeitersparnis gegenüber den Handfüllpumpen wird nach H. Zillig[1]) auf 50—75 Proz. berechnet. Die Luftpumpe kann während der Arbeit der Plungerpumpe ausgeschaltet werden; man läßt sie jedoch bei leicht absetzenden Brühen gerne mitlaufen und führt den Luftschlauch in die Spritzflüssigkeit des Vorratsbehälters ein, um durch die austretende Luft die Spritzbrühe ständig aufzurühren.

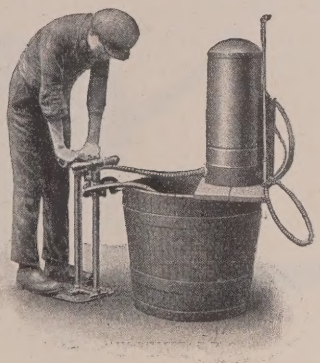


Abb. 26. Handfüllpumpe „Klein-Rapid". (Platz.)

Um eine Abnutzung des Kolbens durch die Spritzbrühe zu vermeiden, sind gelegentlich auch Luftkompressoren benutzt worden, die in besonderen Windkesseln Preßluft von 10 Atmosphären speichern. Hier müssen

[1]) Zillig, H.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 4. Jahrg., 1925, S. 15.

die Batteriespritzen zuerst mit der Flüssigkeit, dann vom Windkessel aus mit Preßluft gefüllt werden.

Die Größe und Schwere der Motorfüllpumpen läßt ihre Anwendung nur dort zu, wo gute Wegeverhältnisse vorliegen, oder wo Feldbahnanlagen zur Verfügung stehen. Für schwieriges Gelände und kleinere Betriebe sind daher noch leichter gebaute, sog. kleine Motorfüllpumpen von den Firmen Holder und Platz gebaut worden, bei denen Plunger- und Luftpumpen von einem $1^1/_2$-PS-DKW-Benzinmotor oder Elektromotor be-

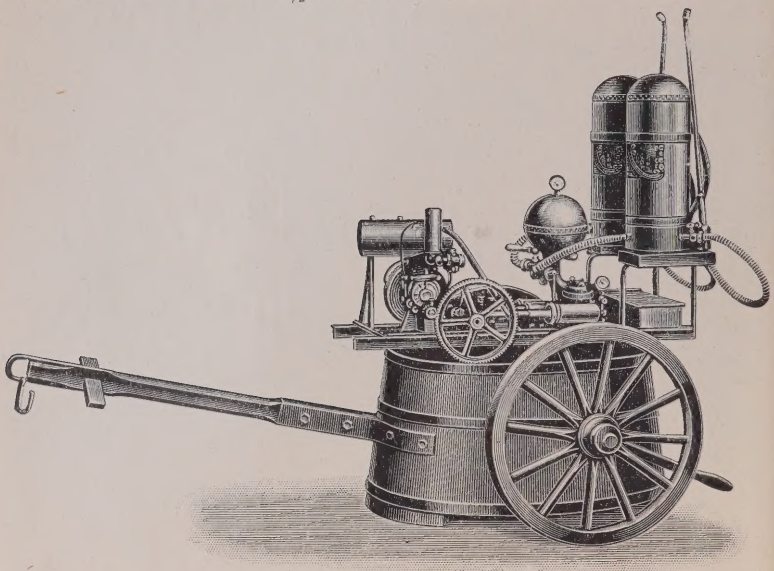


Abb. 27. Motor-Füllpumpe. (Holder.)

trieben werden. Die kleinen Motorfüllpumpen können 12 Batteriespritzen ständig in Betrieb halten und haben sich im Weinbau gut bewährt. Durch weiteren Ausbau hat es sich ermöglichen lassen, daß die Motorfüllpumpen zugleich auch als Motorspritzen (vgl. S. 173) Verwendung finden können.

An die Batteriespritzen lassen sich die sog. Tierrückenspritzen (C. Platz, Ludwigshafen) anschließen, bei denen Flüssigkeitsbehälter und Preßluftbehälter an beiden Seiten sattelähnlicher Vorrichtungen auf den Rücken von Tragtieren befestigt werden. Die Preßluftbehälter werden, ähnlich wie die Batteriespritzen, nur einmal zu Beginn der Spritzperiode mit Preßluft gefüllt. Die Verwendung der Tierrückenspritze und

ähnlich gebauter fahrbarer Karrenspritzen hängt von der Art des Geländes und der Kulturpflanzen ab.

Es hat an Versuchen, an den Spritzapparaten die kostspieligen Pumpen zu vermeiden, nicht gefehlt. Der Vorschlag, mit Preßluft oder Kohlensäure gefüllte Stahlflaschen zu verwenden, scheitert an der Kostspieligkeit (Frachtkosten) und Umständlichkeit (Transport) der Methode. Weiter ist vom Stahlschmidt[1]) empfohlen worden, Druckwasserleitungen als Kraft zu benutzen, indem der Wasserdruck durch Anschluß eines hydraulischen Kompressors in Preßluft umgeformt und zum Füllen der

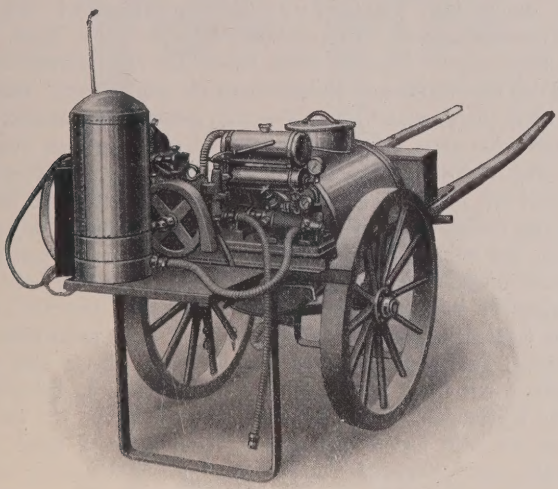


Abb. 28. Motor-Füllpumpe. (Platz.)

Spritzen verwandt wird. Das Verfahren ist für die Praxis bedeutungslos, da einerseits die Wasserleitung in der Regel nicht den notwendigen Druck von 5—10 Atmosphären besitzt und auch in den seltensten Fällen in größeren Kulturanlagen (z. B. Feld- und Weinbau) zur Verfügung steht, andererseits das Verfahren für den Kleinbetrieb (Gärtnereien mit Wasserleitung) zu umständlich und zeitraubend und mit starkem Wasserverbrauch verbunden ist. Für den Kleinbetrieb (Gärtnereien) dürfte vielleicht ein Verfahren in Frage kommen, bei welchem der Druck der Wasserleitung die konzentrierte Spritzflüssigkeit nach Art der Zerstäuber ansaugt

[1]) Stahlschmidt: Mitt. der Deutschen Landwirtschafts-Ges., 1924, S. 238.

und das Wasser die Spritzflüssigkeit durch geeignete Hahnstellung so verdünnt, daß die Spritzflüssigkeit in der vorgeschriebenen Konzentration zur Verspritzung kommt; der wechselnde Druck der Wasserleitungen hat bisher die praktische Durchführung dieses Verfahrens nicht ermöglicht. Endlich sind auch Versuche unternommen worden, mit Universalmotoren für Gleich- und Wechselstrom ausgerüstete und an jeder Lichtleitung anzuschließende Turbinen-Spritzapparate für die Schädlingsbekämpfung nutzbar zu machen.

Die Spritzflüssigkeit verläßt das Abflußrohr („Spritzrohr") der Spritzapparate durch einen Spritzkopf oder Zerstäuber, der je nach dem Verwendungszweck die verschiedenste Bauart haben kann. Die einfachste, aber seltener benutzte Form haben die Vollstrahlzerstäuber, die z. B. bei den amerikanischen Motorspritzen als „spray guns" Verwendung finden. Diese „spray guns" sind kurze, weit gebohrte Spritzrohre, die vom Boden oder von einer erhöhten Plattform der Motorspritze aus bedient werden und die Spritzflüssigkeit unter großem Druck entlassen. Die Spritzarbeit mit ihnen ist leicht und einfach durchzuführen, indem die Motorspritze zwischen zwei Baumreihen langsam hindurch fährt und jede Baumreihe mit je einer Schlauchleitung behandelt wird. Wenn auch der Spritzstrahl infolge seiner hohen Reichweite zur Bespritzung hoher Bäume sich vorzüglich eignet, so wird doch zur exakten Durchführung der Spritzung empfohlen, die zu behandelnden Obstbäume nicht über 8 Meter hoch werden zu lassen. Die Vollstrahlzerstäuber eignen sich nur für Motorspritzen mit einem Druck von 20 Atmosphären, da bei geringerem Druck die Zerstäubung der Flüssigkeit nicht fein genug ist; sie werden mit einem an Griff befindlichen Absperrventil geliefert, durch das der Spritzstrahl vom völligen Abschluß bis zu Hochzerstäubung auf etwa 12 Meter Höhe reguliert werden kann. Die deutschen Firmen C. Platz in Ludwigshafen und Gebr. Holder in Metzingen haben in letzter Zeit einen verbesserten Vollstrahlzerstäuber herausgebracht, der bei 20 Atmosphären Druck einen horizontalen Strahl von mehr als 10 Meter Höhe gibt und durch eine einfache Vorrichtung die Umstellung dieses Vollstrahles in einen breiten Zerstäubungskegel zuläßt.

Den Vollstrahlzerstäubern am nächsten stehen die Fächerzerstäuber, die durch einen schmalen, verschieden einstellbaren oder auswechselbaren Schlitz den kräftigen Spritzstrahl fächerförmig ausbreiten und so eine etwas feinere Verteilung der Spritzflüssigkeit ermöglichen. Auch sie sind noch zur Behandlung höherer Baumkronen geeignet. Das Streben, für die Behandlung kleiner Bäume und Sträucher, Reben und krautartiger Pflanzen eine auch bei geringem Druck erreichbare äußerst feine Zerstäubung der Spritzflüssigkeit zu bekommen, führten zu den Nebelzerstäubern. Bei

ihnen findet vor Austritt der Spritzflüssigkeit aus der Spritzdüse eine kreisförmige Verwirbelung der Flüssigkeit in einer Verwirbelungskammer statt. Die Verwirbelung wird dadurch erreicht, daß die Spritzflüssigkeit entweder, wie bei den Eichelzerstäubern (Abb. 29c), einen schräg durchbohrten oder mit spiraliger Rillung versehenen Kern (Zerstäuberschnecke oder Spiralkern) durchlaufen muß, oder aber seitlich, wie bei den

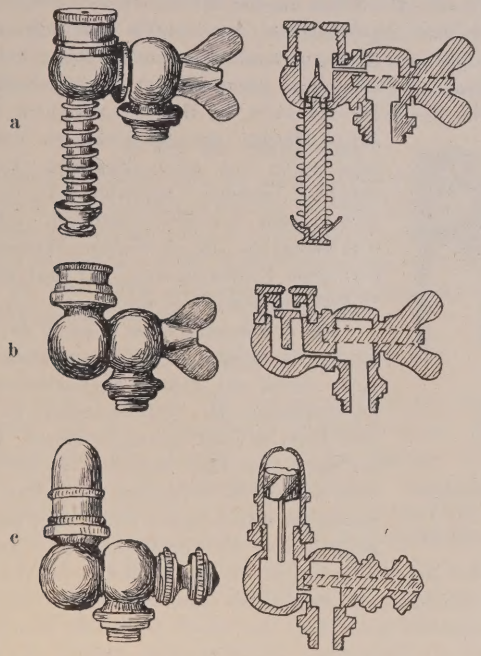


Abb. 29. Nadelzerstäuber (a), Scheibenzerstäuber (b), Eichelzerstäuber (c).

Scheibenzerstäubern (Vermorel- und Sparzerstäubern (Abb. 29b), durch die Wand der Wirbelkammer in dieselbe eintritt. In jedem Falle wird die Flüssigkeit durch die in der Wirbelkammer eintretende Verwirbelung in feine Tröpfchen zerteilt und unter starkem Druck als Sprühnebel ausgetrieben. Die Feinheit der Nebelzerstäubung und die Weite des Spritzkegels wird nach L. Fulmek[1]) durch Verkürzung der Wirbelkammer

[1]) Fulmek, L.: Spritztechnik. Mitteilungen der Kaiserl. u. Königl. landwirtschaftlich-bakteriologischen Pflanzenschutzstation, Wien 1916.

und gleichzeitige Verlängerung des Spiralzulaufes und durch die Kleinheit der beiderseits trichterförmig ausgebohrten Austrittsöffnung sowie durch den Druck der zugeführten Flüssigkeit gesteigert. Da die Eichelzerstäuber einen fein verteilten, aber kräftigen Spritzstrahl geben, eignen sie sich besonders für Bekämpfung von Blutlaus- und Blattlauskolonien, von Gespinstraupen und Traubenwicklerraupen, bei denen eine starke Durchdringung und Waschung mit der Spritzflüssigkeit nötig ist. Für die breite, gleichmäßige Verteilung von Arsenmitteln und fungiziden Spritzflüssigkeiten über die ganze Pflanze kommen dagegen die Scheibenzerstäuber wegen ihres breiten, kegelförmigen Spritzenstrahles in Betracht. Sowohl die Eichel- als auch die Scheibenzerstäuber sind häufig zur Änderung des Spritzstrahles durch andere Düsenweite mit auswechselbaren Eicheln bzw. Scheiben versehen; weiterhin gibt es unter den Eichel- und Scheibenzerstäubern viele Abarten und Übergänge, die als Walzen-, Vermorel-, Schweizer- oder Sparzerstäuber oder mit einem Phantasienamen bezeichnet werden.

Abb. 30. Selbsttätige Rückenspritze mit Verlängerungsrohr.(Holder.)

Mit der komplizierten Bauart der Zerstäuber wächst die Gefahr, die Zuführungsgänge der Spritzköpfe leicht mit groben Bestandteilen oder Verunreinigungen der Spritzflüssigkeit zu verstopfen und damit den Spritzgang zu stören. Es wird daher empfohlen, beim Einfüllen der Spritzflüssigkeit stets ein Sieb zu verwenden; weiterhin sind in den Spritzrohren meist auch Filter- oder Siebkörbe eingesetzt, die die Verunreinigungen zurückhalten; endlich aber hat man die Spritzköpfe so gebaut, daß sie leicht aufzuschrauben und auseinanderzunehmen sind (Herausnahme der Zerstäuberschnecke bei den Eichelzerstäubern) oder daß durch besondere Reinigungsnadeln Verstopfungen der Spritzdüsen leicht beseitigt werden können (Nadelzerstäuber, Abb. 29 a).

Der durch Nebelzerstäuber erzeugte Spritzkegel hat keine große Reichweite und ist leicht durch Winde zu stören; er verlangt daher ein viel sorgfältigeres Arbeiten als der durch Vollstrahlzerstäuber erreichte Strahl der Motorspritze. Zur Behandlung größerer Sträucher und Bäume mit Hilfe der Nebelzerstäuber bedient man sich daher sog. „Verlängerungsrohre“ (Abb. 30), die als 2—5 m lange, leichte Metall- oder Bambusrohre zwischen Spritzrohr und Zerstäuber eingeschaltet werden. Ist der Sitz der Schädlinge auf bestimmte Pflanzenteile lokalisiert (Traubenwicklerraupen, Blutlaus), so hat sich der Gebrauch von sog.

„Revolverzerstäubern" gut bewährt, bei denen das Spritzrohrventil durch einen Fingerdruck leicht zu öffnen und zu schließen und dadurch ein sparsamer Gebrauch der Spritzflüssigkeit möglich ist. Die mit der Hand zu führenden Spritzrohre können zur Behandlung von Blattunterseiten leicht gebogen sein; sie werden auch häufig mit zwei Zerstäubern (Doppelzerstäuber) versehen, um ein schnelleres Arbeiten zu ermöglichen (Mehrverbrauch an Flüssigkeit und Unsicherheit der Arbeitsweise!). Für feldmäßige Kleinkulturen sind die Spritzrohre meist fest an Wagen oder fahrbaren Spritzapparaten anmontiert und entlassen dann aus vielen gleichmäßig angeordneten Spritzdüsen die Flüssigkeit (Abb. 19).

h) Art der Spritzmittel

Die Spritzmittel zeichnen sich vor allen übrigen Pflanzenschutzmitteln durch eine große Mannigfaltigkeit aus, so daß eine Berücksichtigung aller als Spritzmittel zur Verwendung kommender chemischer Verbindungen und Präparate im Rahmen dieser Zusammenstellung unmöglich ist[1]). Es lassen sich die wichtigsten chemischen Bekämpfungsmittel in folgende Gruppen leicht zusammenfassen:

Nikotin

Nikotin ($C_5H_4N \cdot C_4H_7N \cdot CH_3$) ist ein Alkaloid der Pyridingruppe, das als Extrakt aus der Tabakpflanze gewonnen wird. Die ölige, in Wasser, Alkohol und Ölen lösliche, in reinem Zustand anfangs farblose, sich an der Luft bald bräunende Flüssigkeit zeigt einen scharfen Geruch und beißenden Geschmack und ist eins der stärksten Gifte; Nikotin hat daher in der Schädlingsbekämpfung große Bedeutung gewonnen. Der Nikotingehalt des lufttrockenen Tabaks ist je nach Sorte, Klima, Boden, Düngung, Standweite und Behandlung der Pflanzen verschieden und schwankt zwischen 0,5—10 Proz.; als besonders nikotinreich hat sich Nicotiana rustica (Bauern- oder Veilchentabak) erwiesen[2]). Zur Selbstherstellung von Nikotinbrühen sind zahlreiche Vorschriften aufgestellt worden; so empfiehlt z. B. L. Peters[3]) 5 kg fein zerkleinerte, getrocknete Tabakblätter dreimal hintereinander je 24 Stunden lang in je

[1]) Vgl. Hollrung, M.: Die Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl. Berlin 1923, und Bourcart, E.: Insecticides, Fungicides and Weedkillers, London 1913.

[2]) Peters, L.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922. S. 11 u. 27.

[3]) Peters, L.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1921, S. 27 und Scherpe, R.: Centralbl. für Bact. II, Bd. 71, 1927, S. 93.

33 Liter Wasser auszuziehen, die drei Auszüge abzuseihen und zusammenzugießen. Die Selbstherstellung ist wesentlich billiger als der Bezug von Handelspräparaten, wenn Tabak selbst gebaut wird oder Tabakabfälle billig bezogen werden können. In Irland hat man mit Erfolg denaturierte Schnupftabakabfälle, die zoll- und steuerfrei an die Praktiker abgegeben werden, zur Selbstherstellung von Spritzbrühen verwendet, wobei in der Regel 450 g der Tabakabfälle in 8 Liter Wasser drei Tage lang ausgelaugt wurden. Die Unkosten der Selbstherstellung werden in den Ver. Staaten von Amerika dadurch noch ermäßigt, daß die Tabakabfälle nach dem Extrahieren als Düngemittel Verwendung finden. Der durch Ausziehen gewonnene Tabakextrakt enthält das Nikotin teils in freier, teils in an organische Säuren (Apfelsäure) gebundener Form; er wird bei fabrikmäßiger Herstellung meist mit Schwefelsäure behandelt, wobei das Nikotin als Nikotinsulfat gebunden wird. In der deutschen Pflanzenschutzpraxis werden in der Regel 8—10 Proz. Nikotin enthaltende Tabakextrakte benutzt, in den Verein. Staaten hingegen haben sich das 40 Proz. freies Nikotin enthaltende „Nicofume" und besonders das 40 Proz. Nikotinsulfat führende „Blackleaf 40" durchgesetzt.

Die schwankende Zusammensetzung mancher Tabakextrakte — der Nikotingehalt von Tabakextrakten des Handels betrug bei einer im Badischen Weinbau-Institut durchgeführten Prüfung nach K. Müller 1—6 Proz. statt 10 Proz. — hat einerseits die Ausarbeitung sicherer Nikotin-Bestimmungsmethoden[1]) notwendig gemacht, andererseits hat sie auch einige Staaten veranlaßt, die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung durch Aufdruck des Nikotingehaltes auf die Packungen und durch amtliche Nachprüfung der im Handel befindlichen Präparate zu erzwingen. In Deutschland werden von der Biologischen Reichsanstalt nur solche Tabakextrakte empfohlen, für deren gleichbleibenden Nikotingehalt die Hersteller garantieren[2]). Nach den vom englischen

[1]) Mach, F.: Landwirtschaftl. Versuchsstationen, 1920, Bd. 95, S. 34; Mach, F., und Sindlinger, F.: Zeitschrift für analytische Chemie, 1926, Bd. 67; Hollrung, M.: Die Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten, Berlin 1923, S. 96; Scherpe, R.: cit. auf S. 185.

[2]) Tabakextrakte von bestimmtem, auf den Packungen vermerkten Nikotingehalt liefern u. a.: Chemische Fabrik Albrecht, Hamburg 5, Steindamm 28 (8 bis 10 Proz.); Ankersmit & Co., Bremen, Postfach 321 (8 bis 10 Proz.); Dahlhausen & Schade, Berlin O 27 (8 bis 9 Proz.); O. Hinsberg, Nackenheim a. Rh. (8 bis 9 Proz.); Karl Krienitz & Co., Berlin-Steglitz, Heesestr. 11 (8 bis 9 Proz.); E. Merck, Darmstadt (5 bis 6 Proz.); Siegfried Pels, Hamburg (9 Proz.); W. Teller, Magdeburg-West (9 bis 10 Proz.); Vertriebsgesellschaft landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte (Velmag), Bremen, Buchtstr. 11 (8 bis 10 Proz.).

Ministry of Agriculture and Fisheries herausgegebenen amtlichen Richtlinien[1]) sollen nikotinhaltige Pflanzenschutzmittel auf ihren Packungen anzeigen, ob sie freies Nikotin oder gebundenes Nikotin enthalten, wie hoch der Prozentgehalt an freiem Nikotin ist, oder wieviel Nikotin in den Präparaten mit gebundenem Nikotin durch Zusatz von Alkali freigemacht werden kann.

Nikotin wird in der Schädlingsbekämpfung meist als 0,1—0,2 Proz. Nikotin enthaltende Spritzlösungen zur Insektenbekämpfung angewandt, schwächere, 0,025—0,05 Proz. Nikotin enthaltende Lösungen kommen nur für Großbetriebe und Baumschulen in Betracht, wo die stärkeren Brühen wirtschaftlich nicht mehr tragbar sind und man sich mit einer Abtötungsziffer von ungefähr 80 Proz. der Schädlinge begnügt.

Zur Steigerung der Wirksamkeit werden den Nikotinlösungen Seifen, Spiritus, Karbolsäure oder Kresol als Hilfsstoffe zugesetzt.

Je nach der Art der Schädlinge ist die Zusammensetzung der fertigen Spritzbrühe verschieden; so wird zur Bekämpfung von Blattläusen, Raupen, Afterraupen, Gespinstmotten, Blattwanzen usw. eine Nikotin-Seifenlösung (1—1½ kg Tabakextrakt 10 Proz. + 1—2 kg Schmierseife + 100 Liter Wasser), zur Bekämpfung von Blutlaus und Gespinstmotten eine Nikotin-Spiritus-Seifenlösung (3 kg Tabakextrakt 10 Proz. + 6 kg Schmierseife + 5 Liter denat. Spiritus + 130 Liter Wasser) empfohlen. Die Wirkung des Nikotins kann durch Zusatz von Pyridin (z. B. in der Weinsberger Brühe) oder durch Kombination mit Ölemulsionen oder Tetrachloräthan (z. B. Hohenheimer Brühe) erhöht werden. In Amerika wird durch Mischen von „Blackleaf 40" und Ölsäure (10 : 7) ein Nikotinoleat hergestellt, das gute insektizide Wirkung zeigt, sich mit Wasser (1 : 200) leicht emulgieren läßt und seit 1918 in Amerika zur Bekämpfung von Blattläusen, Aleurodiden, Spinnmilben und Thrips in Gewächshäusern viel benutzt wird. Zur Bekämpfung von Blattläusen, Psylliden und Spinnmilben sind ferner kolloidale Nikotin-Petroleumemulsionen zur Anwendung gekommen. Auch zur gleichzeitigen Bekämpfung tierischer und pilzlicher Schädlinge hat Nikotin in Kombination mit anderen Mitteln als Nikotin-Kupferkalkbrühe (gegen Blattläuse und Fusikladium im Obstbau, gegen Traubenwickler und Peronospora im Weinbau), als Nikotin-Schwefelkalkbrühe (gegen Blattläuse, Spinnmilben und Mehltau), als Nikotin-Arsenbrühen (gegen Blattläuse und fressende Insekten) und versuchsweise auch als Nikotin-Schwefelkohlenstoff-Petroleumseifenemulsion (gegen Botrytis und Traubenwickler) Verwendung gefunden. Die mannigfaltigen, von der Industrie hergestellten nikotinhaltigen Han-

[1]) Ministry of Agriculture and Fisheries. Leaflet 363.

delspräparate (z. B. Exodin[1]), Pflanzenwohl[2]) haben sich besonders in Kleinbetrieben (Gärtnereien usw.) sehr eingebürgert, da sie durch einfaches Verdünnen mit Wasser jederzeit die Herstellung wirksamer Spritzbrühen gestatten; sie enthalten meist neben Nikotin noch Benetzungs- und Hilfsstoffe oder sind mit anderen Grundstoffen z. B. Quassia (Niko-Quassia) kombiniert. Im allgemeinen hat die fabrikmäßige Herstellung der Nikotinpräparate den Kaufpreis so erhöht, daß die Präparate für Großbetriebe unwirtschaftlich werden.

Die Giftwirkung der Nikotinlösungen ist abhängig von der Menge des in den Lösungen vorhandenen freien Nikotins und von der Flüchtigkeit dieses Nikotins; Nikotin ist also in erster Linie ein Atemgift. Die Flüchtigkeit wird durch höhere Temperaturen begünstigt und hängt weiter vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. Das an organische Säuren (Apfelsäure) oder an Mineralsäuren (Schwefelsäure) gebundene Nikotin ist als solches unwirksam; es wirkt erst dann, wenn die Spritzlösungen genügend alkalisch sind, um durch Bindung der Säuren das Nikotin frei zu machen. Bei dem in den Tabakauszügen an Apfelsäure gebundenen Nikotin genügt meist schon ein hartes alkalireiches Wasser; bei Nikotinsulfatlösungen hingegen muß durch Zusatz alkalischer Seifen der zur Freimachung des Nikotins notwendige Alkaligehalt erst erreicht werden. Freies Nikotin zeigt die höchste Giftwirkung, da es bei trockenem Wetter schon in den ersten 3 Stunden nach der Bespritzung flüchtig ist, während an Säuren gebundenes Nikotin bei einem zu geringen Alkaligehalt der Brühen nach de Ong[3]) innerhalb 48 Stunden nur zu 13—19 Proz. flüchtig ist, nach 24 Stunden noch zu 29,9—46,1 Proz. auf den Blättern sich vorfindet und daher nicht die zur Abtötung der Schädlinge notwendige Konzentration an flüchtigem, freiem Nikotin liefert. Die Giftwirkung des Nikotins äußert sich als Nervengift, indem Lokomotionslähmung und bald eine vollständige Paralyse eintritt. Als Magengift spielt das Nikotin in der Schädlingsbekämpfung kaum eine Rolle, da der den Pflanzen aufgespritzte Nikotinbelag zu flüchtig und zu regenunbeständig ist, als daß eine Pflanze längere Zeit vor Fraß geschützt werden könnte. Die früher allgemein angenommene Ätzwirkung des Nikotins ist sehr gering; sie ist selbst für zarthäutige Insekten, wie Blattläuse, nicht ausreichend und für Insekteneier praktisch nicht vorhanden. Für die bespritzten Pflanzen sind, abgesehen von einigen wenigen auch gegen Spritzungen mit Wasser

---

[1]) Hersteller: Chemische Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering Berlin N 39.

[2]) Hersteller: Otto Beyrodt, Berlin-Marienfelde.

[3]) De Ong, E. R.: Journal of economic Entomology, 1923, Vol. 16, S. 486.

sehr empfindlichen Gewächshauspflanzen, Beschädigungen durch nikotinhaltige Spritzlösungen nicht zu erwarten, wenn die Spritzmittel rein und in vorschriftsmäßiger Weise angewandt sind, und wenn bei empfindlichen Pflanzen nicht zuviel Seife oder keine freies Alkali enthaltende Seife als Hilfsstoff zugesetzt wurde.

Zur Vermeidung von Gesundheitsstörungen durch Genuß von nikotin-behandeltem Gemüse empfehlen W. Moore und S. A. Graham[1]) Nikotinsulfat enthaltenden Tabakextrakt in Anzuchtgärten und bei Gemüse nicht zu verwenden und auch bei Anwendung von freies Nikotin enthaltendem Tabakextrakt Früchte und Gemüse 1—2 Tage vor der Ernte nicht mehr zu spritzen. Die Spritzung selbst ist nicht gegen den Wind auszuführen, da durch Einatmen der die Spritzung durchführende Arbeiter leicht geschädigt werden kann.

Durch die Einführung der Arsenmittel in die Pflanzenschutzpraxis haben die Nikotinbrühen für die Bekämpfung von beißenden Insekten sehr an Bedeutung verloren. Insbesondere im deutschen Weinbau werden zur Heu- und Sauerwurmbekämpfung, die vor dem Kriege erfolgreich mit Tabakseifenlösungen durchgeführt wurde, heute fast ausschließlich Arsenmittel verwandt, da die Tabakseifenlösungen wesentlich teuerer sind als die Arsenbrühen, häufig die Reife verzögern, geschmackliche Änderungen des Weines verursachen und das Mostgewicht herabsetzen können. In Gegenden, in denen beide Traubenwicklerarten vorkommen, und in denen Flug und Eiablage über einen größeren Zeitraum sich erstrecken, sind Arsenmittel den Tabakseifenlösungen unbedingt vorzuziehen, da sie bessere Haftfähigkeit (Regenbeständigkeit) zeigen, während die Nikotinlösungen nur die zur Zeit der Spritzung vorhandenen Räupchen abtöten, also häufiger angewandt werden müssen. Bei blattminierenden oder in dichten Gespinsten geschützt lebenden Insektenlarven sind Arsenmittel unbrauchbar und nur Nikotinlösungen mit Aussicht auf Erfolg zu gebrauchen. Für Insekten mit saugenden Mundwerkzeugen, insbesondere für Blattläuse, sind nikotinhaltige Spritzlösungen die besten Bekämpfungsmittel, die als selbstbereitete Tabakseifenlösungen oder als fertige Handelspräparate in Gärtnereien und Großbetrieben Verwendung finden.

Über Verwendung von Nikotin als Stäube-, Streu- und Vergasungsmittel siehe S. 270, 285 und 372.

Pyrethrum

Pyrethrum oder Insektenpulver ist ein durch Mahlen der getrockneten Blüten bestimmter Kompositen der Gattung Pyrethrum ge-

[1]) Moore, W., und Graham, S. A.: Journal of Agric. Research, 1917, Vol. 10.

wonnenes Pulver, das eine selbst das Nikotin noch übertreffende starke insektizide Giftwirkung zeigt. Als „Dalmatinisches Insektenpulver" wird es aus den Blütenköpfen von *Pyrethrum cinerariaefolium*, einer insbesonders in den Dalmatinischen Küstenländern kulturmäßig angebauten Pflanze, gewonnen, das dem aus *Pyrethrum roseum* gewonnenen „Persischen Insektenpulver" und dem aus *Pyrethrum carneum* gewonnenen „Kaukasischen Insektenpulver" an Giftwirkung überlegen ist. Die größten Pyrethrumkulturen befinden sich zwischen Spalato und Ragusa, als wichtigste Exporthäfen kommen Ragusa, Triest und Fiume in Betracht. Im Jahre 1913 wurden über 10 000 Zentner Pyrethrum aus diesen früher zu Österreich gehörenden Gebieten ausgeführt. Heute ist die japanische Produktion, die erst 1885 durch Einfuhr von Saatgut begann, ebenso groß wie die dalmatinische. Da Pyrethrum seine sehr flüchtigen wirksamen Bestandteile bei längerem Lagern schnell verliert, ist man auch in anderen Staaten (Schweiz, Italien, Spanien, Frankreich) seit einigen Jahren zum Anbau der Pyrethrumpflanzen übergegangen, um ein stets frisches Pulver zu Bekämpfungszwecken zur Verfügung zu haben. Die Pyrethrumpflanzen gedeihen am besten auf felsigem, kalkhaltigem, leichtem und trockenem Boden; sie überstehen die Trockenheit gut, vertragen aber keine dauernde Feuchtigkeit. Trockene Böden und die Düngung mit Superphosphat und Mangansalzen bedingen eine gute Qualität des Pulvers. Nach E. Gilg[1]) dürfte der Anbau auch in warmen Gegenden Deutschlands an sonnigen Bergabhängen möglich sein. Die Pyrethrumblüten werden vor der Entfaltung gepflückt, vor Sonnenlicht geschützt, getrocknet und fein gemahlen. In der Westschweiz lassen die Winzer die geernteten Blüten in der Fabrik zu Pyrethrumseife verarbeiten. Es werden pro ha 300—400 kg getrocknete Blüten geerntet, aus 100 kg können mit Alkohol 20—30 kg Extrakt gewonnen werden.

Die wirksamen Bestandteile des Insektenpulvers bestehen nach den Untersuchungen von H. Staudinger und L. Ruzicka[2]) aus zwei Estern, die als Pyrethrin I und Pyrethrin II bezeichnet wurden, und die sich aus der Chrysanthemum-Monokarbonsäure (= Dimethylisobutenyl-trimethylenkarbonsäure) und Chrysanthemum-dikarbon-methylestersäure als saure Bestandteile und dem Pyrethrolon (= Methyl-pentadienyl-zyklopentanolon) als alkoholischem Bestandteil zusammensetzen. Die Menge der Pyrethrine im Insektenpulver beträgt durchschnittlich 0,2—0,3 Proz.; sie schwankt je nach der Art der Pyrethrumpflanze und

[1]) Gilg, E.: Angew. Botanik, 1920, S. 267.

[2]) Staudinger, H., und Ruzicka, L.: Helvetica Chimica Acta, 1924, Vol. 7, S. 177 u. 448.

ist auch, ähnlich wie der Nikotingehalt der Tabakpflanze, von Klima, Boden und Düngung abhängig. Die noch nicht geöffneten Blüten geben ein wirksameres Pulver als die schon ganz geöffneten. Pyrethrum zeigt eine neuro-muskuläre Giftwirkung auf Insekten und alle übrigen Kaltblüter, während es für Warmblüter wirkungslos ist. Die Wirkung kommt bei Insekten dadurch zustande, daß die im Pulver oder als Extrakt in Lösungen vorhandenen Pyrethrine in die Tracheen gelangen und Paralyse und Muskellähmungen verursachen. In den Magen aufgenommen, erwirken sie Erbrechen, starkes Koten und eine von hinten nach vorn fortschreitende Lähmung des Insektenkörpers.

Die ursprüngliche Anwendungsform des Pyrethrums ist die des feingemahlenen Pulvers. Da aber durch Verfälschungen und Verlust der Wirksamkeit infolge der großen Flüchtigkeit der Stoffe bei längerem Lagern oft Fehlschläge bei der Schädlingsbekämpfung eintraten, ging man dazu über, die Pyrethrine zu extrahieren und in Spritzflüssigkeiten anzuwenden. Man verrührt Pyrethrumpulver mit Seifenwasser, läßt es drei Tage mazerieren und füllt dann Wasser bis zur fertigen Spritzbrühe auf. Da Pyrethrumpulver einen erheblichen Teil seiner Wirksamkeit in heißem Wasser verliert, ist nur kaltes Wasser zur Extraktion zu verwenden. Nach J. Dufour, der 1893 als erster Pyrethrum gegen Traubenwickler anwandte, sind auf 100 Liter Wasser 1,5 kg Pyrethrumpulver und 3 kg Schmierseife zu verwenden; bei späteren Versuchen wurde der Seifengehalt auf 1,5—2 kg herabgesetzt. Seit 1898 finden sich auch fertige Pyrethrum-Seifenlösungen im Handel, welche die mit Äther, Alkohol oder Trichloräthylen extrahierten Pyrethrine in konzentrierter Form enthalten und nur verdünnt zu werden brauchen. In Frankreich sind auch Kombinationen des Pyrethrums mit Kupferkalkbrühe und Ölemulsionen versuchsweise angewandt worden.

Als Schädlinge, die mit Pyrethrum-Sprizmitteln bekämpft werden können, kommen nur niedere Tiere, in erster Linie Insekten (Raupen, Afterraupen, Käfer, Blut- und Blattläuse, Blattwanzen und Zikaden) in Frage. Besonders in Frankreich sind diese Spritzmittel vielfach als Ersatz für Arsenmittel zur Heu- und Sauerwurmbekämpfung benutzt worden, doch verbietet die Kostspieligkeit der Mittel im allgemeinen ihre Verwendung im Großbetrieb. Durch Selbstanbau der Pyrethrumpflanzen, wie er in der Westschweiz und seit einigen Jahren auch in Frankreich von den Weinbauern betrieben wird, kann jedoch die Wirtschaftlichkeit der Bekämpfung erreicht werden. Als Vorteil der Pyrethrum-Spritzmittel ist ihre völlige Gefahrlosigkeit für Warmblüter, also auch für den Menschen, und ihre starke insektizide Giftwirkung, als Nachteil ihre Kostspieligkeit, die Umständlichkeit in der Selbstbereitung und das Fehlen

jeder prophylaktischen Wirkung im Gegensatz zu den Arsenmitteln zu verzeichnen.

Über Verwendung von Pyrethrum als Stäube- und Vergasungsmittel siehe S. 272 und 372.

Quassia

Quassiin ist ein durch Auslaugen von Bitterholz oder Quassiaholz erhaltener Bitterstoff, der als Haut- und Magengift zur Bekämpfung von Insekten im Pflanzenschutz benutzt wird. Als Rohstoffe kommt einmal der in Surinam und Brasilien heimische Quassiabaum (*Quassia amara* — „Surinam Quassia"), dann der auf den westindischen Inseln gezogene Baum *Picrasma excelsa* („Jamaika Quassia") in Betracht. Beide zur Familie der *Simarubaceen* gehörigen Holzgewächse zeigen einen durchschnittlichen Quassiingehalt von 0,75 Proz.

Zur Herstellung der Spritzbrühe werden 1—2½ kg fein geraspelte, noch nicht entbitterte Quassiaspäne 24 Stunden lang in 2 Liter Wasser eingeweicht, dann aufgekocht und weiter 24 Stunden stehengelassen; der so gewonnene Auszug wird dann unter Zufügung von 2½ kg aufgelöster Schmierseife mit Wasser auf 100 Liter Spritzflüssigkeit aufgefüllt.

Der den Glykosiden verwandte Bitterstoff Quassiin ist ein Erbrechen erregendes Magengift, das für den Menschen und für höhere Tiere ungefährlich, in erster Linie gegen Insekten wirkt und zur Bekämpfung von Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen angewandt wird. Da dem Quassiin außerdem noch eine gewisse Ätzwirkung zukommt, hat es auch zur Blattlausbekämpfung Verwendung gefunden. Durch Seifenzusatz wird den Quassiabrühen einmal die ihnen völlig fehlende Benetzungsfähigkeit gegeben, dann aber wird durch die Seife auch die Ätzwirkung erheblich gesteigert. Nach Mc Indoo und Sievers[1]) soll Quassiin bei der Blattlausbekämpfung in erster Linie als Nervengift wirken, indem es mit Hilfe des Seifenzusatzes leicht in die Tracheen eindringt und von dort aus das Nervensystem beschädigt. Während das Nikotin die Tiere verhältnismäßig schnell unter krampfartigen Erscheinungen tötet, wirkt Quassiin langsam und ohne besondere äußere Begleiterscheinungen. In seiner Giftwirkung steht Quassiin dem Nikotin bedeutend nach, und selbst als allgemeines Blattlausmittel kommt es nicht in Frage, da es nicht bei allen Blattlausarten durchgreifend wirkt. Trotz dieser geringen Giftwirkung kommt dem farblosen und völlig geruchlosen Quassiin eine gewisse Bedeutung zu für die Behandlung von Pflanzen, die in ihrer Farbe und ihrem Geruch nicht verändert werden dürfen

[1]) Mc Indoo und Sievers: Journal of Agric. Research, 1917, Vol. 10, Nr. 10.

(Blumen, Zierpflanzen, Gemüse). Eine Kombination der Quassiabrühen mit stark riechenden und verunreinigenden Stoffen, wie Petroleum, Karbolsäure und Teerseifen, wie sie versuchsweise hier und da angewandt wurde, ist aber abzulehnen. Für den Großbetrieb (Feldbau) in Deutschland kommen Quassiabrühen zur Zeit wegen der hohen Kosten und der Umständlichkeit der Herstellung der Spritzbrühen nicht in Betracht.

Für die behandelten Pflanzen sind Beschädigungen durch Quassiaseifenbrühen nicht zu befürchten, wenn nicht durch starke oder ungeeignete Seifenzusätze Blattverbrennungen hervorgerufen werden.

Helleborus

Schwarzer Helleborus, ein durch Mahlen der Wurzeln der schwarzen Nieswurz *Helleborus niger* gewonnenes Pulver, wird als Abschreckmittel und Magengift zur Bekämpfung von Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen verwandt. Nach Hollrung 1923 eignet sich eine Aufschwemmung von 750 g des Pulvers in 100 Liter Wasser. Es besitzt eine geringe Giftigkeit und ist daher als Ersatz für die hochgiftigen Arsenmittel zur Anwendung gekommen, eine besondere Bedeutung kommt ihm aber nicht zu.

Als weißer Helleborus wird in der amerikanischen Pflanzenschutzliteratur das durch Mahlen der Wurzel von *Veratrum album* („weiße Nieswurz") entstandene Pulver bezeichnet, das auf Grund seiner Alkaloide für Insekten giftig, für den Menschen in den zur Verwendung kommenden Dosen jedoch ungiftig ist. In Amerika wird es als Spritzmittel in einer Aufschwemmung von 400—750 g auf 100 Liter Wasser als insektizides Magengift empfohlen, im allgemeinen jedoch hat es ebenfalls keine besondere Bedeutung erlangt.

Derris

Derris ist ein durch Mahlen getrockneter Wurzeln gewisser tropischer, zu den Papilionaceen gehörender Pflanzen (*Derris elliptica* und *Derris uliginosa)* gewonnenes Pulver, das seit 1919 in Amerika und neuerdings auch in China, Japan und auf Sumatra zur Schädlingsbekämpfung verwandt wird. Seine Giftwirkung als Magen- und Ätzgift, die eine Anwendung zur Bekämpfung von beißenden und saugenden Insekten ermöglicht, verdankt es einem als „Rotenon" [1]) ($C_{19}H_{18}O_5$) bezeichneten Körper. Von den Eingeborenen wurde es schon von jeher als Pfeilgift zum Fischfang benutzt. Die letale Dosis beträgt für weiße Mäuse bei subkutaner Injektion 0,00125 g für 100 g Körpergewicht. Zur Insektenbekämpfung wird die Derris-Spritzbrühe in der Regel durch Mazeration

[1]) Takai, S.: Biochemische Zeitschrift, 1925. S. 1.

des Pulvers in Wasser vom Praktiker selbst zubereitet, wobei 1 kg feingemahlenes Derrispulver und $^1/_2$ kg Seife auf 100 Liter Wasser genommen werden. Bei der fabrikmäßigen Herstellung werden die Derriswurzeln in schnellaufenden Mühlen mit Wasser oder Seifenlösungen gemahlen; die so erhaltene Emulsion wird nach Einengen im Vakuum filtriert oder mit Bleiazetatlösung oder durch aufeinanderfolgende Behandlung mit Aluminium- oder Eisensulfat und Alkalilösung gefällt und filtriert und der Rückstand mit Säure versetzt und abermals filtriert; der den wirksamen Bestandteil enthaltende Filterrückstand wird dann zum handelsmäßigen Pflanzenschutzmittel weiterverarbeitet und erfordert, da er sich mit Wasser leicht emulgiert, zur Herstellung der Brühe nur noch die notwendige Zugabe von Wasser.

Die mit Derris-Spritzmitteln gemachten Erfahrungen sind noch zu gering, als daß ihre Bedeutung für die Schädlingsbekämpfung schon angegeben werden könnte. Die Kosten für die Beschaffung der tropischen Rohstoffe dürften für deutsche Verhältnisse zu hoch sein, außerdem bringt das Mittel keine Vorteile gegenüber den besser wirkenden Nikotinmitteln.

Saponin

Saponin wird aus den Wurzeln des Seifenkrautes *Saponaria officinalis*, den Früchten des Seifenbaumes *Sapindus saponaria* und der Rinde des Quillajabaumes *Quillaja saponaria* gewonnen. Es kommt als selbständiger Grundstoff für die Pflanzenschutzpraxis nicht in Frage, wird aber, da es sich in Wasser leicht kolloidal löst, als Hilfsstoff zur Erhöhung der Benetzungs- und Schwebefähigkeit und zur Herstellung von Ölemulsionen verwandt (vgl. S. 161, 162 und 204).

Sonstige pflanzliche Rohstoffe

Als weitere pflanzliche Rohstoffe kommen u. a. noch Tomaten-, Walnuß-, Aloe- und Rainfarnblätter, Sabadillsamen und Wurmfarnwurzeln in Frage, aus denen Extrakte zur Blattlausbekämpfung hergestellt wurden. Ein brauchbarer Tomatenblätter-Extrakt soll durch 20 Minuten langes Kochen von 25—50 kg Tomatenblättern in Wasser und Auffüllen des Extraktes auf 100 Liter Spritzflüssigkeit erhalten werden. Die aus diesen Rohstoffen hergestellten Spritzmittel stehen in ihrer Wirkung dem Nikotin bedeutend nach und sind daher ohne größere Bedeutung.

Seifen

Seifen sind die Salze von Fettsäuren, die durch Zusammenbringen von Fetten und Ölen mit Metalloxyden und Metallhydroxyden entstehen. Die physikalischen Eigenschaften der Seifen hängen von der Natur der

zu ihrer Herstellung verwandten Basen ab. Seifen von Kupfer, Eisen und Kalzium sind wasserunlöslich, Seifen von Natrium und Kalium dagegen wasserlöslich. Im Pflanzenschutz werden nur die mit Wasser in kolloidaler Lösung mischbaren Natron- und Kaliseifen verwandt.

In Deutschland und den meisten übrigen europäischen Staaten kommen zur Schädlingsbekämpfung bisher nur die allgemeinen Handelspräparate der Natron- oder Kernseife und Kali- oder Schmierseife in Betracht. Die Kali- oder Schmierseifen werden den Natron- oder Kernseifen zur Schädlingsbekämpfung vorgezogen, da die Schmierseifen eine größere insektizide Wirkung zeigen und bei Verwendung von hartem Wasser weniger starke Ausfällungen verursachen, die die Spritzdüsen verstopfen und die Wirksamkeit der Lösungen herabsetzen. Von den verschiedenen Sorten der handelsmäßigen Schmierseifen ist die Naturkornseife für die Bereitung von Spritzflüssigkeiten am zuverlässigsten, da sie ohne Schädigung des Aussehens keine Fälschungen und schädliche Beimengungen zuläßt. Sie wird aus harten, stearinhaltigen sowie aus weichen Fetten und Ölen hergestellt, und zwar liefern erstere das Korn, letztere die klare Grundmasse. Nachahmungen der Naturkornseife sind die für den Pflanzenschutz nicht zu empfehlenden Kunstkornseifen, die durch Verreiben glatter transparenter Schmierseifen mit Stoffen körniger Struktur (Kreide, Ton, Kaliumchlorid, Wasserglas und Stärke) hergestellt sind. Meistens aber unterliegen die europäischen Handelspräparate hinsichtlich ihrer allgemeinen Zusammensetzung, ihres Gehaltes an freiem Alkali und an fremden, oft pflanzenschädigenden Beimengungen derartigen Schwankungen, daß eine gleichbleibende, in ihrer insektiziden Wirkung zuverlässige und für die Pflanzen sicher unschädliche Seife zur Zeit nicht bekannt ist.

Das für die amerikanischen Großbetriebe bestehende Bedürfnis nach billigen, zuverlässigen Pflanzenschutzmitteln hat es mit sich gebracht, daß in Amerika besonders geeignete Seifen zur Schädlingsbekämpfung hergestellt werden, und zwar sind auch hier wieder Vorschriften zur Selbstherstellung ausgearbeitet und von den Farmern übernommen worden; dann aber hat sich auch die amerikanische Industrie der fabrikmäßigen Herstellung von besonderen Pflanzenschutzseifen angenommen. Zur Verseifung kommen als Rohprodukte einmal pflanzliche Öle, wie Baumwollsamenöl und Palmöl, weiterhin noch tierische Öle und Fette, wie die aus der Heringsart *Clupeus menhadden* und aus Dorschleber gewonnenen Trane („Fischöle") und Walfischtran. Zur Selbstherstellung werden 25 Liter Tran in eine zum Sieden gebrachte Mischung von 4—6 kg 98proz. Kalilauge und 100 Liter Wasser gegeben und zwei Stunden lang unter Umrühren gekocht; die so entstandene „Fischölseife" wird in

2proz. wäßriger Lösung als Spritzmittel verwandt. Die in Amerika fabrikmäßig hergestellte Kottonölseife (Baumwollsaatölseife) hat neuerdings auch im deutschen Weinbau zur Schädlingsbekämpfung Eingang gefunden.

Die insektizide Wirkung der Seifen wurde bisher auf eine mechanische Verstopfung der Stigmen und auf eine ätzende Wirkung des freien Alkalis zurückgeführt, eine Annahme, die nicht wahrscheinlich ist, da eine Steigerung der insektiziden Wirkung sich nicht durch Erhöhung der Konzentration der Seifenlösungen erreichen läßt. Die Wirkung der Seifen scheint nach den neuesten Untersuchungen von E. H. Siegler und C. W. Popenoe[1]) vielmehr auf der insektiziden Wirkung gewisser aliphatischer Fettsäuren zu beruhen. Als Alkalisalze der Fettsäuren besitzen die Seifen die Eigenschaft, in wäßrigen Lösungen Teilhydrolysen infolge Anwesenheit von freiem Alkali und freien Fettsäuren zu zeigen. Wie Siegler und Popenoe in ihren Versuchen nachweisen konnten, haben freie Fettsäuren, die mit inaktiven kolloidalen oder nichtkolloidalen Substanzen gemischt waren, größere insektizide Wirkung, als wenn sie mit Salzen der Alkalimetalle kombiniert sind. Auch in den Seifenlösungen beruht die insektizide Wirkung auf den durch hydrolytische Dissoziation frei gewordenen sauren Komponenten. Die Menge der in hydroloysierter Form oder in kolloidaler Form befindlichen Fettsäureester hängt ab von der Konzentration der Lösungen; die kolloidale Form der Seifenlösungen erreicht ein Maximum in relativ starken und relativ schwachen Lösungen, während die mittelstarken Seifenlösungen den Höchstgehalt an freien Fettsäuren haben. Dieses Charakteristikum erklärt auch die häufige Beobachtung, daß die Konzentrationszunahme einer Seifenlösung nicht in gleichem Maße eine Zunahme der Wirksamkeit mit sich bringt. Der Grad der Hydrolyse einer Seifenlösung hängt weiterhin von der Art der Seife bzw. der Fettsäuren ab; die amerikanischen Autoren konnten an Blattlausversuchen zeigen, daß die in der Natur am häufigsten vorkommenden niederen Fettsäuren der gesättigten Monokarboxyl-Gruppe in anwendbaren Verdünnungen keine ausreichende insektizide Wirksamkeit zeigen, daß aber mit Zunahme des Molekulargewichtes bis zu einer bestimmten Grenze die insektizide Wirkung wächst. Ausreichende Wirkung zeigte die Kapronsäure ($C_5H_{11}COOH$); die Kaprylsäure ($C_7H_{15}COOH$) tötete in einer Verdünnung von 1 : 500 mehr als 90 Proz. der Blattläuse; die Kaprinsäure ($C_9H_{19}COOH$) und die Laurinsäure ($C_{11}H_{23}COOH$) wirkten in einer Verdünnung von 1 : 1200 noch vorzüglich, während die höhere Myristinsäure ($C_{13}H_{27}COOH$)

[1]) Siegler, E. H., und Popenoe, C. W.: Journal of economic Entomology, 1924, Vol. 17, Nr. 6 und 1925, Vol. 18, S. 292 und Journal of Agric. Research. 1925, Vol. 29, S. 259.

schon wieder weniger wirksam war. Es dürften nach diesen Ergebnissen also zur Herstellung insektizider Seifen besonders die in Kokosöl und Palmkernöl sich vorfindenden Kapron-, Kapryl-, Kaprin- und Laurinsäure, weniger die zur Seifenherstellung oft verwandte Palmitin- und Stearinsäure in Betracht kommen. Versuche über die Wirkung der als insektizide Seifen empfohlenen Fischölseifen, deren Fettsäuren der gesättigten Monokarboxylgruppe nicht angehören, wurden von den beiden Autoren leider nicht durchgeführt. Die Giftwirkung der insektiziden Seifen auf die Versuchstiere bestand in einer sofortigen und vollständigen Lähmung; den in die Blutbahnen höherer Tiere eingespritzten Seifen und ihren Fettsäuren soll eine hämolytische Wirkung zukommen. Auch für die Insekten nehmen die amerikanischen Autoren an, daß die in Lösung befindlichen Fettsäuren durch Körperwand und Tracheen in den Insektenkörper eindringen und dort auf die Hämolymphe wirken. Im Vergleich zum Nikotin ist nach den amerikanischen Versuchen die Wirksamkeit der Seifen und ihrer Fettsäuren schneller; sie wird durch Temperatur und Feuchtigkeit nicht beeinflußt; im Gegenteil hält die geringe Flüchtigkeit die Seifenlösungen auch bei höheren Temperaturen am Insektenkörper fest, so daß die Giftwirkung sich voll auswirken kann.

Da ein Zusatz von Benzol die Hydrolyse in den Seifenlösungen erhöhen soll, schlagen Siegler und Popenoe zur Herstellung einer Stammlösung eine Mischung vor, die aus 200 ccm Kokosöl (double distilled coconut fatty acids, bestehend aus Kaprin- und Laurinsäure), 200 ccm Benzol, 100 g Leim und 525 ccm Wasser besteht, und die sich mit Wasser leicht zur spritzfertigen Lösung verdünnen läßt. Der gepulverte Leim wird als Schutzkolloid (Stabilisierungsmitel) zugesetzt, um eine Entmischung nach der Emulgierung zu verhindern.

Die insektizide Wirkung der als Grundstoff angewandten Seifen kann durch Zusatz weiterer Stoffe verstärkt werden; zur Verstärkung dienen u. a. Nikotin, Pyridin, Insektenpulver, Spiritus, Quassia, Karbolsäure. Zur Blattlausbekämpfung haben sich 0,5—2proz. Seifenlösungen, zur Blattlaus-, Schildlaus- und Tripsbekämpfung haben sich Spiritusseifenlösungen (2—3 Proz. Seife und 3—5 Proz. Spiritus) und Kresolseifenlösung (2 Proz. Seife, 0,5 Proz. Kresolseife oder Lysol) bewährt [1]). Zur Bekämpfung weichhäutiger Insekten werden ferner Harzölseifen benutzt, die neben den pflanzlichen oder tierischen Ölen und dem Alkali noch Harze enthalten und in zahlreichen Präparaten von der deutschen Pflanzenschutzmittel-

[1]) Zur Fliegenbekämpfung in Ställen und Kellern bewährte sich Floria-Insektizid (Dr. H. Nördlinger, Flörsheim a. M.) als 5proz. Spritzmitttel.

industrie hergestellt werden[1]). Für die Selbstherstellung empfehlen Quaintance und Siegler[2]) 5 pds feingemahlenes Fichtenharz, 1 pint Fischöl und 1 gal Wasser zusammen zu erhitzen, gleichzeitig 1 pd 98proz. Kalilauge in wenig heißem Wasser zu lösen, das Harzöl langsam in die Lauge zu gießen und dann die ganze Mischung unter Zugabe von 4 gals heißem Wasser 2 Stunden unter häufigem Umrühren kochen zu lassen, bis die Seife fertig ist; während des Kochens ist die Flüssigkeit mit Wasser auf 5 gals immer wieder aufzufüllen. Zur Bereitung der Spritzflüssigkeit sind 2—3 gals dieser Harzölseife auf 50 gals Spritzbrühe zu verwenden[3]).

Neben der insektiziden Wirkung kommt den Seifenlösungen auch eine bedingte fungizide Wirkung zu. Seife in 0,1—1proz. wäßriger Lösung ist das bisher einzig brauchbare Mittel zur Bekämpfung der durch Botrytis cineria hervorgerufenen Stielfäule der Reben. Die fungizide Wirkung der Seifen erklärt E. W. Schmidt[4]) als eine „Verfettung" der Sporen und Hyphen des pilzlichen Erregers, indem die bei der hydrolytischen Spaltung der Kaliseifen frei werdende Ölsäure in die Sporen und Hyphen infolge ihrer starken Oberflächenaktivität und ihrer Lipoidlöslichkeit eintritt und sich in kleinen Fetttröpfchen und Fettkugeln ablagert. Durch die Fettablagerung wird der Pilz in seiner physiologischen Tätigkeit stark gehemmt und nach und nach abgetötet. Ob wirklich die Fettanhäufung in den Pilzen die Ursache des Absterbens ist, oder ob sie als Folge der Schädigung des Pilzes durch die Seife anzusehen ist, bleibt unentschieden.

Außer der Verwendung als Grundstoff kommt der Seife als Hilfsstoff große Bedeutung zu, indem sie einmal als Zusatz zur Erhöhung der Benetzungs- und Haftfähigkeit, dann aber auch als Emulgierungsmittel zur Herstellung von Ölemulsionen Verwendung findet (vgl. S. 203). Auf die Bedeutung der Seife als Zusatzstoff zu Nikotin- und Nikotinsulfatbrühen zur Aktivierung des Nikotins ist schon auf S. 188 hingewiesen worden. Hierbei scheinen die Kaliseifen (Schmierseifen) den Natronseifen überlegen zu sein, da die Natronseifen nach den Unter-

---

[1]) Harzölseifen liefern u. a.: Otto Hinsberg, Nackenheim a. Rh.; Dr. H. Nördlinger, Floersheim a. M.; W. Teller, Magdeburg-West; L. Webel, Mainz, Hindenburgstraße 16.

[2]) Quaintance und Siegler: U. S. Department of Agriculture Farmers Bull. 908, 1920.

[3]) 1 pd = 453 gr, 1 pint = 0,567 l, 1 gal = 4,5 l.

[4]) Schmidt, E. W.: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. 1924, Bd. 42, S. 131.

suchungen von Mc Donnell und Nealon[1]) durch chemische Umsetzungen einen Teil des Nikotins in unlösliche Polymere oder in Kondensationsprodukte zu binden und so die Lagerfähigkeit der Präparate und damit auch die Wirkung der Lösungen herabzusetzen scheinen.

Für die Bewertung der Seifen als Schädlingsbekämpfungsmittel ist endlich ihr Verhalten zu den gespritzten Pflanzen von Wichtigkeit, da einmal sehr empfindliche Gewächshauspflanzen Seifenlösungen und Seifenzusätze nicht vertragen und weiterhin bei Reben Schädigungen durch Reifeverzögerungen häufig zu beobachten sind. Die Blattverbrennungen werden im allgemeinen auf einen zu hohen Gehalt an freiem Alkali oder auf schädliche Verunreinigungen (Wasserglas) zurückgeführt, eine Vermutung, die nicht immer zutreffend sein dürfte. Reifeverzögerungen und Blattverbrennungen werden nach den neueren Erfahrungen durch Verwendung der sog. Kottonölseife vermieden.

Wegen ihrer Billigkeit, leichten Beschaffbarkeit und bequemen Anwendungsweise sind die Seifen viel benutzte Pflanzenschutzmittel. Ihre wechselnde Zusammensetzung jedoch beeinträchtigt ihren Wert als Schädlingsbekämpfungsmittel. Von brauchbaren Seifen ist außer der Giftwirkung noch zu fordern, daß sie mindestens 40 Proz. Ölsäure, höchstens 45 Proz. Wasser, keine erheblichen Mengen von freiem Alkali und keine überflüssigen, als Fälschungsmittel anzusehenden und oft die Pflanze schädigenden Beimengungen enthalten. Die für die Pflanzenschutz-Praxis besonders geeigneten Kali- oder Schmierseifen sollen weder durch die billigeren Natronseifen gestreckt noch durch teilweisen Ersatz der Fett- und Ölsäuren verschlechtert werden. Nach den vom englischen Ministry of Agriculture and Fisheries herausgegebenen amtlichen Richtlinien ist von den für Pflanzenschutz-Zwecke brauchbaren Seifen zu fordern, daß nicht weniger als 95 Proz. des Gesamtalkaligehaltes an Kalium gebunden und daß auf den Packungen der Gehalt an Fettsäuren und Harzsäuren angegeben sein soll.

Mineralöle

Von den Ölen wurde nach Quaintance und Siegler[3]) ursprünglich Petroleum in unverdünnter Form als Winterspritzung gegen die San José Schildlaus angewandt; es erlangte jedoch keine weitere Verbreitung, da die Wirkung auf die Schädlinge zwar gut, die

---

[1]) Mc Donnel und Nealon: Revue of Appl. Entomology, 1925, Vol. 13, S. 239.

[2]) Ministry of Agriculture and Fisheries. Leaflet Nr. 363.

[3]) Quaintance und Siegler: U. S. Department of Agriculture, Farmers Bull. 908, 1918.

Wirkung auf die Pflanze jedoch sehr fraglich war. Die Bäume wurden nur mit ganz geringen Mengen des aus feinsten Spritzdüsen verspritzten Petroleums behandelt, wobei ein Ablaufen der Brühe am Stamm und eine Beschädigung der Wurzel unbedingt vermieden werden mußte. Heute werden Öle in reiner Form als Spritzmittel nicht mehr verwandt[1]). Durch Beigabe eines geeigneten Streckmittels sucht man sie auf eine Konzentration zu bringen, in welcher sie die Schädlinge noch abtöten, die Pflanzen jedoch nicht mehr schädigen. Das beste und billigste Streckmittel für Öle ist Wasser. In den ersten Jahren der Anwendung ölhaltiger Spritzflüssigkeiten wurde insbesondere in Deutschland versucht, durch Benutzung besonderer Spritzapparate (vgl. S. 177), die aus zwei getrennten Behältern gleichzeitig Wasser und Öl in einem bestimmten Mengenverhältnis ausspritzen konnten, eine geeignete Verdünnung der Öle zu erreichen. Die Versuche zeigten jedoch, daß eine gleichmäßige Zusammensetzung der Spritzbrühen durch diese Spritzen nicht zu erreichen war. Auch durch Schütteln oder Pumpen hergestellte wäßrige Ölbrühen sind zu unbeständig, als daß sie Verwendung finden könnten; so wurde eine Zeitlang von den kalifornischen Obstzüchtern eine mechanische Mischung von 6 Proz. Öl in Wasser dadurch hergestellt, daß man mit Natronlauge versetztes Wasser in einen Spritzbehälter füllte und unter ständigem Arbeiten der eingebauten Rührvorrichtung langsam das Öl zulaufen ließ. Diese mechanisch hergestellten Ölbrühen zeigten, trotzdem sie sofort und unter ständiger Tätigkeit des Rührwerkes verspritzt wurden, infolge ihrer ungleichmäßigen und unbeständigen Ölverteilung unsichere insektizide Wirkung und schädigende Einflüsse auf die Pflanze. Man hat daher bald nach Hilfsstoffen gesucht und diese auch in den sog. „Emulgierungsmitteln" gefunden, die in einer feinen Mischung von Öl in Wasser das Zusammenfließen der Öltröpfchen verhindern und so für eine bestimmte Zeit die Gleichmäßigkeit der Spritzflüssigkeit gewährleisten. Durch Verwendung dieser Hilfsstoffe werden die Öle „emulgiert". Eine gute, als Spritzmittel geeignete Ölemulsion enthält also als Grundstoff Öl, als Streck- oder Verdünnungsmittel Wasser und als Hilfsstoff ein Emulgierungsmittel.

Als Öle werden zur Herstellung der Ölemulsionen die verschiedensten Arten von Rohölen verwandt, von den einfachsten, den Bohrlöchern entnommenen Erdölen bis zu den bei der Braun- und Steinkohlendestillation

---

[1]) Im Gegensatz zum Pflanzenschutz finden im Vorratsschutz und bei der Bekämpfung von Hausungeziefer (Fliegen, Wanzen, Flöhe) sowohl Produkte, wie z. B. Anilinöl, als auch stärkere Ölemulsionen (z. B. Petroleum-Raffinate wie „Flit" der Deutsch-Amerikan. Petroleum-Ges., Hamburg 36) Verwendung.

gewonnenen Rohölen, von denen sowohl die niedrig siedenden, Petroläther, Naphtha und Petrolbenzol führenden Destillationsprodukte als auch die höher siedenden, Leucht- und Schmieröle enthaltenden Produkte Verwendung finden. Zum ersten Male wurde im Jahre 1897 eine aus Rohpetroleum hergestellte Ölemulsion von J. W. Smith an der New Jersey Experiment Station erfolgreich zur Bekämpfung der San José Schildlaus verwandt. Im Jahre 1906 wurde dann von der Delaware Experiment Station eine Vorschrift zur Selbstherstellung von Ölemulsionen ausgearbeitet, doch hatte die Selbstbereitung der Ölbrühen im Anfang keine große Bedeutung gewonnen. Inzwischen war auch die amerikanische Industrie zur fabrikmäßigen Herstellung geeigneter Ölemulsionen übergegangen, der hohe Preis der Handelspräparate stand jedoch einer allgemeinen Anwendung hindernd im Wege. Erst die vom Bureau of Entomology des U. S. Department of Agriculture gegebene Vorschrift („Government Formula") zur Herstellung von Emulsionen aus Schmierölen hat bei den amerikanischen Pflanzern Beachtung gefunden. Heute stellen die Ölemulsionen („Oil sprays") in Amerika die wichtigsten und billigsten Mittel zur Bekämpfung von Schildläusen und anderen, schwer zu bekämpfenden Schädlingen dar. Zu ihrer Herstellung werden in erster Linie Rohöle (Leuchtöl, Petroleum, Schmieröl, Paraffinöl) verwandt. Diese Rohöle sind in ihrer Zusammensetzung sehr verschieden; so ist nach J. G. Sanders[1]) z. B. das Rohöl des Pennsylvania-Ohio-Distriktes auf der Paraffinbasis, das der Westküste auf der Asphaltbasis aufgebaut, während im Oklahama-Texas-Gebiet sowohl Paraffin als auch Asphalt als Grundlage dient. Die Rohöle können vom hellgefärbten, dünnflüssigen Material bis zum zähflüssigen schwarzen Öl variieren. Diese Mannigfaltigkeit der zur Bereitung der Ölemulsionen benutzten Öle zeigt die großen Nachteile, die dieses Pflanzenschutzmittel besitzt. Zwar werden in Amerika zur Herstellung geeigneter Ölemulsionen oft besondere Ölsorten, wie das billige, als minderwertiges Leuchtöl benutzte „red engine oil" und das zum Ölen von Schiffsplanken und Fußböden gebräuchliche „Paraffin diamond" empfohlen, aber einmal variieren auch diese Präparate trotz der oft gleichen Bezeichnung hinsichtlich der Viskosität, des spezifischen Gewichtes, des Siedepunktes und der Zusammensetzung sehr untereinander, dann aber sind die Bezeichnungen oft nur Handelsnamen einzelner Ölgesellschaften für sonst gleichartige Produkte.

Für den Emulgierungsprozeß ist sowohl die Art des Streckmittels (Wassers) als auch die Art der Emulgierungsmittel (Oberflächen-

[1]) Sanders, J. G.: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 287.

spannung, spezifisches Gewicht) wichtig. Durch hartes, d. h. Kalzium und Magnesium enthaltendes Wasser wird der Emulgierungsprozeß erschwert oder sogar unmöglich gemacht. Zur Bereitung der Ölemulsionen ist Regenwasser, das in Gegenden mit besonders hartem Brunnenwasser in großen Behältern gesammelt wird, am geeignetsten. Für Großbetriebe, wie die Citruskulturen in Florida, können jedoch die notwendigen Regenwassermengen nicht beschafft werden; die dortigen Citrusbauern pflegten daher lange Zeit ihr hartes Brunnenwasser einer besonderen Vorbehandlung mit Ätzkali-Fischölseifen zu unterziehen, indem dem Wasser vor dem Emulgierungsprozeß so viel Seife zugesetzt wurde, bis es mit den Ölen gute Emulsionen gab. Da die Methode jedoch kostspielig war — bei sehr hartem Wasser müssen 4—6 pds Seife zu 50 gals (= 225 Liter) Wasser zugesetzt werden — gibt man heute dem Wasser zuerst Ätznatron, dann Seife zu.

Das wichtigste Emulgierungsmittel ist die Seife. Nach der in Deutschland von der Biologischen Reichsanstalt (Flugblatt 46) empfohlenen Vorschrift für die Verwendung von Seife zur Herstellung einer Petroleumseifenemulsion werden 125 g Schmierseife in $^1/_2$ Liter Wasser heiß gelöst, mit 2 Liter Petroleum versetzt, mit einer Blumenspritze durch fortgesetztes Einsaugen und scharfes Wiederausspritzen zu einer gleichmäßigen milchigen Brühe verbuttert, dann 1 Liter heißes Wasser zugesetzt und mit kaltem Wasser auf 100 Liter verdünnt. Die so hergestellte Spritzbrühe kann gegen Blatt-, Schild- und Mottenläuse (Aleurodiden) und Gallmilben verwendet werden. Zur Bekämpfung von Blattwanzen (z. B. der Rübenblattwanze) hat sich eine aus 2 Liter Petroleum, 125 g Kernseife und 1 Liter Wasser hergestellte Stammlösung bewährt, die mit der 15fachen Menge Wasser zu verdünnen ist. Der Emulgierungsprozeß kann bei der Herstellung durch Verwendung besonderer Emulgierungsapparate beschleunigt werden.

In den Vereinigten Staaten von Amerika sind zur Selbstherstellung von Ölemulsionen 2 Methoden gebräuchlich, bei denen die Emulsionen entweder nach bestimmten „boiled Emulsion Formulas" oder nach „coldstirred Emulsion Formulas" hergerichtet werden[1]). Bei der ersten

[1]) Von der umfangreichen amerikanischen Literatur über Gebrauch und Herstellung von Ölemulsionen seien genannt:

Quaintance, A. L., und Siegler, E. H.: U. S. Depart. of Agric. Farmers Bull. 908, 1920.

Melander, A. L., Spuler, A., und Green E. L.: Agric. Exp. Station Washington. Bull. 184, 1924.

Sanders, J. G.: Journ. of economic Entymology, 1925, Vol. 18, S. 287.

Methode, zu der auch die vom Bureau of Entomology empfohlene „Government Formula" gehört, werden in der Regel 1 gal (= 4,5 Liter) Wasser, $^1/_2$—2 pds (= 225—900 g) Fischölseife und 2 gals (= 9 Liter) Schmier- oder Paraffinöl zusammen und unter häufigem Umrühren bis zum Sieden erhitzt, 5 Minuten lang gekocht und dann heiß mehrere Male unter Druck mittels einer Spritze in einen Behälter verspritzt. Die so erhaltene, ungefähr 66 Proz. Öl führende Stammemulsion wird zur Herstellung einer 2—3 Proz. Öl enthaltenden Spritzbrühe im Verhältnis von 1 : 50 mit Wasser verdünnt; zur Behandlung unbelaubter Bäume werden 10—25 Proz. Öl enthaltende Spritzbrühen empfohlen. Das Erhitzen des Öl-Seife-Wassergemisches erleichtert den Emulgierungsprozeß, da es die Viskosität des Öles der Viskosität des Wassers angleicht und die Grenzflächenspannung zwischen Öl und Wasser erniedrigt. Als Emulgierungsmittel hat sich außer der in Amerika allgemein empfohlenen Fischölseife besonders Kresolseifenlösung bewährt.

Die Umständlichkeit des Erhitzens und Kochens des Öl-Seife-Wassergemisches hatte es als wünschenswert erscheinen lassen, durch Fortfall der Hitzeanwendung die Herstellung zu vereinfachen. Man hatte gefunden, daß bei Zusatz größerer Mengen Seife sich die Öle auch ohne Erhitzung mit Wasser gut emulgieren (2 gals Paraffinöl + 1 gal Wasser + 8 pds Fischölseife als Stammlösung), und man hatte bald eine Reihe von „coldstirred Emulsion Formulas" für die kalte Herstellung der Emulsionen ausgearbeitet, in denen sogenannte „Naphthaseifen" als besonders geeignete Emulgierungsmittel empfohlen werden. Auch durch teilweisen oder vollständigen Ersatz der Fischölseifen (Transeifen) durch Kalziumkaseinat oder andere kolloidale Hilfsstoffe (vgl. weiter unten) hat man Methoden zur Herstellung von Ölemulsionen ohne Erhitzen gefunden.

Die Wirkung der Seife als Emulgierungsmittel ist dadurch zu erklären, daß bei einer Ölseifenemulsion das Öl in feinste Tröpfchen aufgeteilt ist, von denen jedes von einem dünnen, elastischen Seifenhäutchen umgeben und am Zusammenfließen mit den benachbarten Tröpfchen verhindert wird. Da aber die meisten der verwandten Seifen Hitze zur Emulgierung erfordern, und da weiterhin auch leicht zwischen

---

Burroughs, A. M., und Grube, W. M.: Journ. of economic Entomology 1923, Vol. 16, S. 534.

Winston, J. R., Bowman, J. J., und Yothers, W. W.: U. S. Dep. of Agriculture Dep. Bull. 1178, 1923.

Yothers, W. W., und Winston, J. R.: U. S. Dep. of Agriculture Dep. Bull. 1217, 1924.

de Ong, E. R., und Knight, H.: Journ. of economic Entomology 1925, Vol. 18, S. 424.

Seife und anderen Bestandteilen der Brühe chemische Reaktionen eintreten und daher bestimmte Kombinationen der Öle mit kalkhaltigen Mitteln infolge Ausfällung der Seife als Kalkseife und Störung des Emulgierungszustandes unmöglich gemacht werden, hat man versucht, feinverteilte Suspensionen oder bestimmte kolloidale Lösungen als Hilfsstoffe zu verwenden, die die Herstellung von Emulsionen auf kaltem Wege (cold mixed emulsion) gestatten. Je nachdem diese Stoffe den Emulgierungsprozeß erst ermöglichen oder die fertige Emulsion haltbar machen sollen, werden sie gleichfalls als „Emulgierungsmittel" oder als „Stabilisierungsmittel" bezeichnet. Ähnlich der Seife werden diese Emulgierungsmittel mit dem Wasser gut gemischt, dann wird das Öl langsam und unter ständigem Umrühren zugefügt und das Gemisch bis zur vollständigen Emulsion kräftig durchgepumpt. Die ohne Seife, aber mit feingemahlenen Suspensionen oder kolloidalen Lösungen hergestellten Emulsionen sind nicht lange haltbar, sie müssen daher sofort spritzfertig angesetzt und verbraucht werden. Die Stabilisierung der Ölemulsionen ist besonders bei Verwendung von sehr hartem Wasser oder bei der Kombination der Ölemulsion mit Schwefelkalkbrühe, Schwefelkalium- und Schwefelnatronbrühe von großer Bedeutung. Als Stabilisierungsmittel müssen diese Hilfsstoffe den frisch bereiteten und vollkommen emulgierten Ölemulsion-Stammlösungen vor der Mischung mit hartem Wasser oder den anderen Mitteln beigegeben werden. Versuche haben gezeigt, daß Leim, Kasein (Kalziumkaseinat), Milch, Trockenmilch, Gelatine, Saponin, Mehlkleister, Stärke, aber auch Kaolin und Kalk zum Emulgieren und Stabilisieren der Ölemulsionen sich verwenden lassen. Die zur Stabilisierung notwendigen Mengen betragen nach amerikanischen Untersuchungen je 14 Liter Ölemulsionen $^1/_2$ kg Leim oder $^1/_2$ kg Trockenmilch oder 230 g Kasein oder $^1/_2$ kg Weizen- oder Stärkemehl. Außer frisch gefälltem Bleiarseniat haben sich auch Kupferkalkbrühe (s. S. 218), und eine nach ähnlicher Vorschrift hergestellte Eisensulfatbrühe infolge der in ihnen enthaltenen kolloidalen Ausfällungen als Stabilisierungsmittel erwiesen, wenn die Öl-Seifenemulsionen zur frisch bereiteten Kupferkalkbrühe oder Eisensulfatkalkbrühe zugegeben werden; mit einer schon einige Zeit fertiggestellten Kupferkalkbrühe sind Ölemulsionen nicht zu kombinieren. Die Frage, warum nur frisch bereitete Kupferkalkbrühe als Stabilisierungsmittel wirkt, ist noch ungeklärt; die Eigenschaft hängt vielleicht von dem sich leicht verändernden Dispersionsgrad des basischen Kupfersulfats, vielleicht aber auch von der Ausfällung unlöslicher Metallseifen (Kupferseifen) ab.

Außer den Öl, Emulgierungsmittel und etwas Wasser führenden Ölemulsion-Stammlösungen werden in Amerika noch sogenannte „miscible

oils" (wasserlösliche Öle) verwendet, die meist 90 Proz. Öl und 10 Proz. Emulgierungsmittel enthalten und in ähnlicher Weise, wie die Stammlösungen, nur mit Wasser verdünnt zu werden brauchen. Da die „miscible oils" wasserfrei sind, sollen sie eine größere Lagerbeständigkeit besonders bei tiefen Kältegraden (Frost) zeigen als die wasserhaltigen Ölemulsion-Stammlösungen.

Die Wirkung der Emulgierungs- und Stabilisierungsmittel beruht nach der allgemeinen Auffassung in den Fällen, in denen wir es mit Kolloiden zu tun haben, ähnlich wie bei der Seife, auf der Bildung dünner, elastischer, die Öltröpfchen umschließender Häutchen; bei den unlöslichen Emulgierungsmitteln, die möglichst fein gemahlen sein müssen, sollen nach Ansicht mancher Autoren die Öltröpfchen ebenfalls von kleinen, festen Partikelchen des Emulgierungsmittels umgeben und durch diese Partikelchen voneinander getrennt sein.

Bei der Verdünnung der Ölemulsion-Stammlösungen zur Herrichtung der gebrauchsfertigen Spritzbrühen ist die Verwendung von warmem Wasser für die Vollständigkeit und Haltbarkeit des Emulsionszustandes geeigneter als die Verwendung von kaltem Wasser. Leider kann man in der Praxis diesem Umstand nur insoweit Rechnung tragen, als kaltes Brunnenwasser vermieden und längere Zeit abgestandenes Wasser benutzt wird. Bei hartem Wasser soll es nicht gleichgültig sein, ob das Wasser zur Stammlösung oder die Stammlösung zum Wasser zugegossen wird, doch liegen hierüber noch keine eindeutigen Angaben vor.

Für die Giftwirkung der Ölemulsionen scheinen die physikalischen Eigenschaften der Spritzbrühen fast noch wichtiger zu sein als die chemische Zusammensetzung. Jede Ölemulsion mit so weit ausreichender Viskosität, daß ein nicht flüchtiger, längere Zeit beständiger Überzug gebildet wird, besitzt insektizide Wirkung. Die Wirkung beruht in solchen Fällen nur auf einem Luftabschluß der Schädlinge durch den nicht leicht eintrocknenden Überzug. Dieser rein mechanische Abschluß scheint für die Wirkungsweise der Ölemulsionen von großer Wichtigkeit zu sein, da viele Ölemulsionen nur langsam wirken. So fanden Chandler und Porter[1]), daß bei Bekämpfung der San José Schildlaus mit Ölemulsionen nach 6 Wochen noch 17 Proz., nach 10 Wochen noch 5 Proz., nach 12 Wochen noch 2,3 Proz. und nach 16—18 Wochen noch 0,4 Proz. der Tiere am Leben waren. Über die Giftwirkung der Ölemulsionen auf Grund ihrer chemischen Bestandteile weiß man noch sehr wenig; man nimmt an, daß die Öle auf Grund der leichten Benetzbarkeit

[1]) Chandler und Porter: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 553.

der Emulsionen in die Tracheen eindringen und von den Geweben absorbiert werden, oder daß die leicht flüchtigen Bestandteile der Öle durch ihre Dämpfe wirken. Sicherlich werden die verschiedenen Bestandteile, wie Naphthalin, Phenole usw., mit die Ursache für die insektizide Wirkung sein. Nach amerikanischen Angaben enthalten die niedrig siedenden Öle nicht so viele wirksame Stoffe als die höher siedenden Schmieröle, erstere werden daher in Amerika mehr für die Sommerbehandlung, letztere für die Winterspritzung benutzt. Zur Herstellung von Emulsionen sollen sich die Öle der Asphaltbasis besser eignen als die der Paraffinbasis. Da die Ölüberzüge allmählich eindicken, ist mit der Verdunstung des Wassers eine Konzentrationszunahme des Ölgehalts verbunden, die unter Umständen für die Pflanze schädlich wirken kann. Der Phenolgehalt darf daher nicht so hoch sein, daß in den eintrocknenden Ölüberzügen keine zu hohen Phenolkonzentrationen auftreten.

Die Ölemulsionen sind in Amerika infolge ihrer Billigkeit, ihrer guten Benetzungsfähigkeit und guten Wirkung zu den bekanntesten und gebräuchlichsten Pflanzenschutzmitteln geworden; sie übertreffen die Schwefelkalkbrühe hinsichtlich der insektiziden Wirkung und kommen daher besonders als Winterbehandlung zur Schildlausbekämpfung in Frage. Als Nachteil haften ihnen die unbeständige Zusammensetzung und die damit verbundenen leicht pflanzenschädigenden Eigenschaften an, Fehler, die bei richtiger Wahl der Öle und sachgemäßer Herstellung und Anwendung sich so weit vermeiden lassen, daß sie die Allgemeinanwendung der „oil sprays“ in Amerika nicht haben hindern können.

Während in den Großkulturen der Vereinigten Staaten die Verwendung fabrikmäßig hergestellter Ölemulsionen meist wirtschaftlich nicht tragbar ist und die dortigen Pflanzer zur Selbstherstellung der Brühen übergegangen sind, werden in Deutschland in den Obstbaubetrieben als „Obstbaumkarbolineum“ bezeichnete Handelspräparate[1]) verwandt. Die Obstbaumkarbolineen haben für Deutschland eine solche Bedeutung gewonnen, daß sie eine besondere Betrachtung verlangen. Obstbaumkarbolineen sind Ölemulsion-Stammlösungen, deren Rohprodukte durch Destillation aus Stein- und Braunkohlen als Teeröle gewonnen und seit langem als Anstrichmittel unter dem Namen „Karbolineum“ zum Holzschutz (gegen Fäulnis usw.) verwandt werden; durch Zusatz von Emulgierungsmitteln (Alkali, Soda, Seife) werden die Karbolineen in eine „wasserlösliche“ Form gebracht, um ihre Anwendung als

[1]) z. B.: Arborol (Tesch & Stabenow, Hamburg), Arbolineum (Webel, Mainz), Brunonia (Schacht, Braunschweig), Dendrin (Avenarius, Hamburg), Florium (Nördlinger, Flörsheim) und Pomona (Stähler, Erbach).

Pflanzenschutz-Spritzmittel („wasserlösliches Obstbaumkarbolineum") zu ermöglichen. Der Gebrauch des Obstbaumkarbolineums setzte in Deutschland um das Jahr 1900 ein und hat in kurzer Zeit eine solche Beliebtheit bei den Praktikern gewonnen, daß heute eine große Zahl verschiedenster Karbolineumsorten von zahlreichen Firmen zu Pflanzenschutzzwecken verarbeitet und vertrieben werden. Auf Grund der Verwendung des deutschen Obstbaumkarbolineums haben auch in Amerika fabrikmäßig hergestellte Teerölemulsionen, meist als „miscible oils", Eingang gefunden. In Holland wird das Obstbaumkarbolineum, das von wenigen Fabriken unter ständiger Kontrolle des amtlichen Holländischen Pflanzenschutzdienstes hergestellt wird, viel verwandt.

Die Beurteilung der Obstbaumkarbolineen ist eine sehr verschiedene. Während ein großer Teil der Obstzüchter sie für ein vorzügliches Pflanzenschutzmittel hält, ihnen oft sogar den Charakter eines gegen alle möglichen Krankheiten und Schädlinge wirksamen „Universalmittels" zuschreibt, lehnen andere Praktiker sie als zuverlässige Mittel ab. Der Grund dieser verschiedenen Bewertung liegt in der stark voneinander abweichenden Zusammensetzung der einzelnen Karbolineensorten und in der nicht gleichbleibenden Zusammensetzung jeder einzelnen Sorte. Die bisher durchgeführten Untersuchungen[1]) haben sämtlich ergeben, daß kein Präparat dem anderen gleicht. Nach Houben und Hilgendorff[2]) schwankte bei 17 Präparaten der Wassergehalt zwischen 3,8—91,4 Proz., der Phenolgehalt zwischen 0,8—21,2 Proz. Die Zusammensetzung der Karbolineen hängt ab von der Art der verwandten Kohle und ist hinsichtlich des Gehaltes an Leicht-, Mittel-, Schwer- und Anthrazenölen verschieden, je nachdem Ruhr-, Saar- oder oberschlesische, englische oder belgische Kohle oder Braunkohle verarbeitet und ob stehende oder liegende Retorten bei der Herstellung benutzt wurden[3]). Selbst beim Bezug der Kohle von einer einzigen Grube kann die Kohle nicht in gleicher Beschaffenheit geliefert werden. Es ist daher für einen Hersteller unmöglich, sein Obstbaumkarbolineum stets in gleicher chemischer Zusammensetzung zu liefern. Die einzelnen Karbolineumsorten werden von den Firmen meist in großen Behältern in solchen Mengen angesetzt, daß wenigstens für eine Spritzsaison die Gleichmäßigkeit erreicht wird.

Die Obstbaumkarbolineen werden in erster Linie im Obstbau als

[1]) Aderhold und Scherpe: Mitteilung aus der Kaiserl. Biol. Anstalt, 1907, Heft 4, S. 48, und Molz: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., 1911, Bd. 30, S. 181.

[2]) Houben, J., und Hilgendorff, G.: Arbeiten aus der Biol. Reichsanstalt, 1925, Bd. 14, Heft 2.

[3]) Appel, O.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 2. Jahrg., 1922, S. 9.

Winterbehandlung zur Bekämpfung von Blattlaus- und Psyllaeiern, von Blut- und Schildläusen, gelegentlich auch zur Bekämpfung des Obstbaumkrebses verwandt. Als günstige Nebenwirkung ist bei diesen Karbolineumsorten die Beseitigung der an den Stämmen wachsenden Flechten und Moose und die wahrscheinlich als Stimulationswirkung (s. S. 134) zu erklärende günstige Beeinflussung des Wachstums der Bäume (Abstoßen der alten Borke, Entstehen einer glatten Rinde, kräftige und gesunde Laubentwicklung) beobachtet worden. Die Bespritzungen werden als Winterspritzungen an unbelaubten Bäumen meist in 10—20proz. wäßriger Verdünnung vorgenommen; als Spritzmittel während der Vegetationszeit haben sich die Karbolineen nach Schwartz[1]) als völlig ungeeignet erwiesen, da infolge der laubschädigenden Wirkung die Anwendung der Karbolineen nur in sehr niedrigen Konzentrationen möglich ist, mit Zunahme des Verdünnungsgrades jedoch ihre insektizide Wirkung eher einbüßen als ihre Giftigkeit für die Pflanzen. Als nachteilige Wirkungen sind auch bei der Winterbehandlung oft Schädigungen, selbst ein Absterben der Bäume beobachtet worden, die zum Teil durch falsche Anwendung (zu starke Konzentrationen), zum Teil aber auch durch ungeeignete Präparate verursacht wurden. Als weiterer Nachteil der Karbolineen ist die Begünstigung des „Sonnenbrandes" anzuführen. Sonnenbrand entsteht gegen Ende des Winters bei großer Kälte durch einseitige Erwärmung der Süd-West-Seite der Baumstämme und durch raschen Temperatursturz, der an klaren Spätwintertagen nach Sonnenuntergang auf die Erwärmung folgt. Die Temperaturunterschiede sind an den mit Teer oder mit Teeröl behandelten Bäumen oft recht bedeutend, so fand A. J. Mix[2]), daß an solchen Bäumen bei einer Lufttemperatur von —1,7° C auf der Nordostseite des Stammes eine Temperatur von —1,1° C, an der Südwestseite des Stammes eine Temperatur von 29° C festgestellt wurde, während an unbehandelten Stellen der Bäume an der Südwestseite 18° C gemessen wurden. Um die starke, durch die dunkle Farbe der mit Obstbaumkarbolineum behandelten Bäume bewirkte Temperaturerhöhung zu vermeiden, wurde wiederholt eine Verwendung der Karbolineen zusammen mit Kalk als Karbolineum-Kalkbrühe (15 Liter Obstbaumkarbolineum + 1—1,5 kg gelöschter Kalk + 100 Liter) empfohlen.

Über die Wirkungsweise der Karbolineen ist man noch völlig im unklaren. Es gibt zahlreiche Handelspräparate, die trotz ihrer verschiedenen Zusammensetzung praktisch doch dieselben Ergebnisse

[1]) Schwartz, M.: Mitteilung a. d. Kaiserl. Biol. Anstalt, 1909, Heft 8, S. 39.
[2]) Mix, A. J.: Cornell Univ. Agric. Exp. Stat. 1916, Bull. 382.

zeigen. Welche Einzelfraktionen und welche Einzelbestandteile für die Wirkung in Frage kommen, ist noch unbekannt. Man ist vielfach geneigt, die Phenole für die insektizide Wirkung und auch für die oft beobachteten pflanzenschädigenden Wirkungen verantwortlich zu machen, doch ist den Phenolen nicht ausschließlich die insektizide Wirkung zuzuschreiben, da unter den Handelspräparaten auch phenolfreie Obstbaumkarbolineen seit Jahren mit Erfolg Verwendung finden. Als ungünstige Bestandteile kommen nach den Untersuchungen von Houben und Hilgendorff von den Phenolen die Kresole, insbesondere das m-Kresol in Betracht, da sie, wenn sie in größerer Menge vorhanden sind, einerseits direkt, andererseits indirekt durch Herabsetzung der Emulgierbarkeit die Pflanzen schädigen. Bei Verwendung einer 20proz. Spritzbrühe traten Beschädigungen ein, die bei Apfel mit 4 Proz., bei Birne mit 5 Proz., bei Pflaume mit 6 Proz. und bei Kirsche mit 10 Proz. Phenolgehalt der unverdünnten Stammlösung beginnen. Nach E. Molz rufen die leichteren Teeröle weniger leicht Beschädigungen hervor als die schwereren Öle, deren schädigende Wirkung mit steigendem Siedepunkt zunimmt. Für die Ausarbeitung zuverlässiger Obstbaumkarbolineen ist es notwendig, festzustellen, welche Bestandteile zur Erreichung insektizider Wirkung und in welchen Mengen diese Bestandteile in den Präparaten enthalten sein müssen, und welche Bestandteile pflanzenschädigende Wirkungen verursachen, inwieweit diese schädigenden Bestandteile auch für eine insektizide Wirkung in Frage kommen und bis zu welcher Menge die pflanzenschädigenden Bestandteile in den Präparaten vorhanden sein dürfen.

Brauchbarkeit und Wirksamkeit der Obstbaumkarbolineen sind in weitem Maße bedingt durch die Emulgierbarkeit und durch die Emulsionsbeständigkeit. Schlecht emulgierte Karbolineen oder solche, die sich schon während des Spritzganges wieder entmischen, sind für die Praxis wertlos, da durch die unvollkommene Emulsion eine Ungleichmäßigkeit des Spritzstrahles und dadurch unzuverlässige insektizide Wirkung und Pflanzenbeschädigungen verursacht werden. Insbesondere die Untersuchungen von Houben und Hilgendorff ergaben, „daß bei der Entmischung der wäßrigen Emulsionen ein Produkt völlig veränderter Zusammensetzung zur Abscheidung kommen kann, wobei z. B. der Phenolgehalt gegenüber dem des Ausgangsstoffes erheblich zu wachsen und ein an sich unschädliches Erzeugnis infolge der mangelnden Haltbarkeit seiner Emulsion zu einer sehr gefährlichen zu werden vermag". Den Anforderungen der Praxis dürften Karbolineen, deren Spritzbrühen 3 Tage lang keine Entmischungen zeigen, hinsichtlich der Emulsionsbeständigkeit genügen.

Ursprünglich war die Bezeichnung „Karbolineum" für bestimmte Steinkohlenteeröle vorgesehen, heute werden, da der Bezeichnung kein Wortschutz erteilt ist, auch Erzeugnisse als Karbolineum verkauft, die keine Steinkohlenteeröle enthalten. So kommt es auch, daß als „wasserlösliches Obstbaumkarbolineum" heute die verschiedensten, bald wirksamen, bald schädigenden, bald völlig wertlosen Präparate vertrieben werden. Es liegt daher im Interesse sowohl der Verbraucher als auch der reell arbeitenden Industrie, daß allgemeine Normen für die im Pflanzenschutz verwendbaren Teerölemulsionen aufgestellt werden und daß diese Emulsionen unter einer eindeutigen Bezeichnung dem Verbraucher als zuverlässiges Mittel empfohlen werden können. Bei Aufstellung der Normen, die von den herstellenden Firmen beabsichtigt ist, wäre die Frage der Rohstoffe (Steinkohle, Braunkohle), der Gehalt der Präparate an Teerölfraktionen bestimmter Siedepunkte und an bestimmten Bestandteilen, z. B. Phenolen, ferner der Wassergehalt, die Emulgierbarkeit und die Emulsionsbeständigkeit zu berücksichtigen. Ist durch Aufstellung solcher Normen der Begriff „wasserlösliches Obstbaumkarbolineum" festgelegt und läßt sich auf Grund dieser Normen eine Prüfung der Präparate dahin durchführen, daß die besten Präparate als wirklich zuverlässige Pflanzenschutzmittel empfohlen werden können, so wird sich auch eine amtliche Prüfung der Präparate durch den Deutschen Pflanzenschutzdienst, die bisher aus Mangel an geeigneten zuverlässigen Prüfungsmethoden stets abgelehnt werden mußte, ermöglichen lassen, da man auf die Dauer ein infolge seiner vorzüglichen Wirkung als Winterspritzmittel weit verbreitetes Mittel nicht unberücksichtigt lassen kann.

Formaldehyd

Der zur Saatgutbeizung (vgl. S. 308) viel benutzte und auch zur Bodendesinfektion (vgl. S. 298) verwandte Formaldehyd HCHO hat als Spritzmittel nur zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaus (Spaerotheca mors uvae) Verwendung gefunden. Er wird nach E. Vogt in 0,8proz. Lösung (2 Liter der 40proz. käuflichen Lösung auf 100 Liter Wasser) als Winterbehandlung oder in 0,4proz. Lösung (1 Liter der 40proz. Lösung auf 100 Liter Wasser) als Sommerbehandlung empfohlen. Die fungizide Wirkungsweise des Mittels ist unbekannt (germizide Wirkung vgl. S. 308). Gegen tierische Schädlinge ist Formaldehyd als Spritzmittel nicht zu verwenden.

Kupferhaltige Spritzmittel

Von den Kupferverbindungen ist das Kupfersulfat oder Kupfervitriol ($CuSO_4$) für die Schädlingsbekämpfung am wichtigsten.

Während es zur Saatgutbeize in reinen Lösungen zur Anwendung kommt, ist es in dieser Form als Spritzmittel im allgemeinen nicht zu verwenden, da einerseits die geringe Wetterbeständigkeit des wasserlöslichen Spritzbelages die prophylaktische Wirkung des Kupfersulfates nicht ermöglichen würde, andererseits die Lösungen wegen ihrer sauren Reaktion die Pflanzen stark schädigen. Das Kupfersulfat muß also in eine unlösliche, nicht pflanzenschädigende Form überführt werden. Die bei dieser Umwandlung entstehenden Brühen werden je nach ihrer Zusammensetzung als Kupferkalkbrühe, Kupfersodabrühe, Kupferalaunkalkbrühe, Kupferammoniakbrühe oder Kupferaluminiumbrühe bezeichnet.

Die Verwendung von Kupfersulfatlösungen als Spritzmittel erstreckt sich nur auf Einzelfälle. So haben versuchsweise 0,4proz. Kupfersulfatlösungen (mit Seifenzusatz) zur Bekämpfung der Phytophthora an Kartoffeln und 3—4proz. Kupfersulfatlösungen als Winterbehandlung zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaues Verwendung gefunden. Mit einer 1proz. Kupfersulfatlösung als Winterspritzung an Obstbäumen konnte die Reinigung der Stämme von Moosen und Flechten erreicht werden; die äußerlich leicht geschädigten Knospen wurden in ihrer Entwicklung nicht gehemmt. Auch zur Bekämpfung der Ackerschnecke hat sich in Amerika das des Nachts auszuführende Bespritzen der befallenen Äcker mit 4proz. Kupfersulfatlösung bewährt.

Die Kupferkalkbrühe ist von den kupferhaltigen Brühen die bekannteste. Ihre Entdeckung als Fungizid verdankt sie der Gepflogenheit südfranzösischer Winzer, die am Wege stehenden Weinstöcke durch Bespritzen mit einem Kupfersulfat-Kalkgemisch vor Diebstahl zu schützen. Da ihre erste Anwendung zur Bekämpfung der Rebenblattfall-Krankheit (Plasmopara oder Peronospora) in der Umgegend von Bordeaux erfolgte, wird sie vielfach auch als „Bordeaux-Brühe“ oder „Bordelaiser Brühe“ bezeichnet.

Zur Herstellung von 100 Liter einer 1proz. Kupferkalkbrühe benötigt man einen Holzbottich von 50 Litern und einen solchen von 100 Litern Inhalt. In dem kleineren Bottich wird 1 kg Kupfersulfat in 50 Liter Wasser gelöst; das Lösen kann schnell in einigen Litern heißen Wassers oder über Nacht durch Einhängen der in einem Sack oder einem Beutel befindlichen Kupfersulfatkristalle in 50 Liter Wasser (dicht unter Wasseroberfläche) erfolgen. Für den anderen Bottich wird $^1/_2$ kg frisch gebrannter Kalk langsam gelöscht (vgl. S. 249), mit Wasser zu einem dünnen Brei verrührt, zu einer Kalkmilch verdünnt und in einem 100-Liter-Bottich mit Wasser auf 50 Liter Kalkmilch aufgefüllt. Statt $^1/_2$ kg gebrannten Kalk kann 1,2—1,5 kg Speckkalk oder Grubenkalk (= eingesumpfter, gelöschter Kalk) verwandt werden. Kurz vor der

Spritzung wird dann langsam unter Umrühren die Kupfervitriollösung in die Kalkmilch gegossen, wobei als blaue, schleimige Brühe die Kupferkalkbrühe entsteht. Die Brühe wird zweckmäßig noch mit Reagenzpapier (Phenolphthaleinpapier) geprüft, und bei fehlender alkalischer Reaktion wird die Brühe weiterhin mit gelöschtem Kalk versetzt. Zur Herstellung der Kupferkalkbrühe sind nur einwandfreie Rohmaterialien zu verwenden: reines, 98proz. Kupfersulfat, das insbesondere keine Verunreinigungen an billigem Eisen- oder Zinksulfat enthalten darf, und möglichst frisch gebrannter oder gelöschter, reiner Kalk, der von Verunreinigungen wie Sand, Ton und Eisenoxyd möglichst frei ist. Eine gute Schwebefähigkeit (Schleimigkeit) der Brühe kann nur erreicht werden, wenn die Kupfersulfatlösung in die Kalkmilch (nicht umgekehrt) gegossen wird, und wenn beide Lösungen bei der Mischung abgekühlt sind. Die Schwebefähigkeit der Brühe verliert sich bei längerem Stehen (zwei Tage), indem sich die Brühe unter Dichterwerden des flockigen Niederschlages schnell absetzt; die Schwebefähigkeit kann jedoch durch Zusatz von 100 g Zucker zu je 100 Liter Brühe längere Zeit bewahrt und damit die Brühe bis zu zehn Tagen brauchbar gehalten werden [1]).

Die bei der Herstellung der Kupferkalkbrühe eintretenden chemischen Vorgänge glaubte man lange Zeit nach der Formel: $CuSO_4 + CaO + H_2O = Cu(OH)_2 + CaSO_4$ deuten zu können. Untersuchungen von Sostegni und Pickering ergaben aber, daß neben Kupferhydroxyd und Gips noch kolloidale bis dichtflockige basische Sulfate gebildet werden. Nach neueren Untersuchungen von Wöber [2]) sind bei der Umsetzung drei Phasen zu unterscheiden: die saure, die neutrale und die alkalische Phase. In der ersten Phase wird das Kupfersulfat allmählich in die schwerlösliche, grünlich-blaue basische Verbindung $CuSO_4 \cdot 3\,Cu(OH)_2 \cdot H_2O$ überführt. Bei Anwesenheit weiterer Mengen von Kalziumhydroxyd geht dann in der zweiten Phase die grünblaue Färbung in eine blaue Färbung über unter Bildung von $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2 \cdot H_2O$; in dieser zweiten Phase reagiert die Brühe neutral. In der dritten Phase wird die Reaktion der Brühe durch Anlagerung weiterer $Ca(OH)_2$ = Moleküle an das komplexe Kupfersalz alkalisch, und es bildet sich das tiefblaue $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2 \cdot 3\,Ca(OH)_2$. Durch weiteren Zusatz von Kalziumhydroxyd wird außer der Zunahme der Alkalität keine Veränderung der Brühe mehr bewirkt. Die Kenntnis der von

[1]) Amerikanische Vorschrift zur Herstellung der Kupferkalkbrühe: 4 lbs Kupfersulfat + 4 lbs gebrannter Kalk (CaO) + 50 gals Wasser, oder abgekürzt: 4—4—50. 1 lb = 1 pound = 453 g; 1 gal (gallon) = 4,5 l.

[2]) Wöber, A.: Die chemische Zusammensetzung der Kupferkalkbrühe. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, 1919, Bd. 29, S. 94.

Wöber beschriebenen Umsetzungen ist wichtig für die Herstellungsweise der Kupferkalkbrühe, da sie die Notwendigkeit der Zugabe der Kupfersulfatlösung zur Kalkbrühe und die ungünstige Wirkung einer Zugabe der Kalkmilch zur Kupfersulfatbrühe erklärt. Wird die Kupfersulfatlösung der Kalkmilch zugegeben, so entsteht, da stets ein Überschuß von Kalziumhydroxyd vorhanden ist, sofort die Verbindung der dritten Phase, die als äußerst feiner Niederschlag von 3—4 μ Körnchengröße ausfällt. Wird hingegen die Kalkmilch der Kupfersulfatlösung hinzugefügt, so entstehen zunächst die Verbindungen der beiden ersten Phasen, die 6—9 μ Körnchengröße besitzen, also grobflockiger und von geringer Schwebefähigkeit sind, auch geringere Haftfähigkeit besitzen und leichter Verbrennungen verursachen. Die Erhöhung der Schwebefähigkeit durch Zugabe von Zucker ist so zu erklären, daß der Zucker als Schutzkolloid wirkt. Da die Entmischung der Brühe um so schneller eintritt, je höher der Kalküberschuß ist, muß mit dem Kalküberschuß auch die Zuckermenge steigen. Auch durch andere Zusätze, wie Milch (1 Liter auf 1 hl Brühe), kann nach K. Müller[1]) die Brühe längere Zeit schleimig und gebrauchsfertig gehalten werden.

Zur Erklärung der fungiziden Wirkungsweise der Kupferkalkbrühe sind die verschiedensten Theorien[2]) aufgestellt worden. Die wahrscheinlichste dieser Theorien geht von der vorzüglichen fungiziden Wirkung wasserlöslicher Kupferverbindungen, insbesondere von der des Kupfersulfates aus. Die Wirkung besteht weniger in einer Abtötung der Hyphen, die bei den in Frage kommenden Pilzen im Blattgewebe sich befinden und daher von der Spritzbrühe nicht zu erreichen sind, als vielmehr in einer hemmenden Wirkung der Sporenkeimung, die den beim Auskeimen aus der Spore austretenden Pilz zum Absterben bringt oder ein Auskeimen der Spore überhaupt verhindert. Nach Kotte[3]) wirkt Kupfersulfat in 0,0012proz. Lösung auf eine Suspension von 350 Konidien in 1 cmm tödlich, auf Suspensionen von 140 Konidien im cmm wirkte eine 0,0003proz., auf eine Suspension von 35 Konidien in 1 cmm eine 0,000076proz. Kupfersulfatlösung abtötend. Die in der Kupferkalkbrühe enthaltenen Kupferverbindungen sind jedoch als Ausflockungen nicht wasserlöslich und zeigen daher auch fast keine germizide oder fungizide Wirkung. Die Wirksamkeit der Kupferkalkbrühe wird von dieser ersten Theorie dadurch erklärt, daß unter dem Einfluß der Kohlensäure der Luft

[1]) Müller, K.: Rebschädlinge und ihre neuzeitl. Bekämpfung, Karlsruhe 1922.

[2]) Vgl. Hollrung: 1923, S. 213 und Schmidt, E. W.: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., 1924, Bd. 61, S. 356.

[3]) Kotte: Centralblatt f. Bakteriologie, 2. Abt., 1924, Bd. 61, S. 367.

oder durch bestimmte, von den Blättern oder dem Keimschlauch des Pilzes ausgeschiedene Stoffe eine sehr langsame und teilweise Lösung des in den Spritzflecken enthaltenen Kupfers erfolgt. Die toxische Wirkung der gelösten Kupfersalze wird von den Autoren teils als Adsorption im Plasma, teils durch Ionenwirkung, teils als Störung der normalen Oxydationsvorgänge nach Art der Oxydasen und Peroxydasen erklärt (vgl. S. 119).

Eine zweite, von Villedieu[1]) aufgestellte Theorie sieht das Kupfer nicht als wichtigsten Bestandteil der Kupferkalkbrühe an, sondern glaubt, daß die basischen Bestandteile ausschlaggebend für die Giftwirkung seien. Der in der Kupferkalkbrühe enthaltene Gips ($CaSO_4$) ist in geringem Maße in Wasser löslich und soll durch die Anwesenheit der unlöslichen Kupferverbindungen in seiner Löslichkeit gesteigert werden; die Brühen sollen außer durch ihre Alkalität auch durch ihren Gehalt an Kalziumsulfat wirken. Die Theorie wird auf Grund neuer Versuche und früherer Erfahrungen abgelehnt[2]).

Die dritte von Gard[3]) aufgestellte Theorie nimmt für die Pilzinfektion eine ungünstige physikalische Beeinflussung der Rebblätter an, indem die Rebblätter durch die Bespritzung mit Kupferkalkbrühe schwer benetzbar werden, schnell antrocknen und daher den Peronosporasporen keine Gelegenheit zum Auskeimen geben.

Eine vierte Theorie nimmt gleichfalls eine Beeinflussung der Rebblätter an, die jedoch so durchgreifend ist, daß die Blätter selbst in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Krankheitsbefall gekräftigt, also in gewissem Sinne immunisiert werden. Durch die Spritzung mit Kupferkalkbrühe ist in den Geweben der behandelten Blätter häufig eine Änderung des Chlorophyllgehaltes, des Zuckergehaltes und der Transpirationsverhältnisse beobachtet worden. Dabei wurde von den einen Autoren vermutet, daß Kupfer selbst in geringen Mengen in das Blattgewebe aufgenommen wird und die Gewebe zur regeren Lebenstätigkeit anregt, andere Autoren nehmen bestimmte, nicht an ein Eindringen von Kupfer ins Blattinnere gebundene „chemo-taktische Reize" des auf den Blättern befindlichen Kupfers an. Auch die durch Schattenwirkung des dichten Spritzbelages abgedämpfte Lichtzufuhr bei starker Sonnenbestrahlung und die damit verbundene Begünstigung der Assimilation ist als Ursache der Zunahme des Chlorophyllgehaltes angenommen worden. Im übrigen

---

[1]) Villedieu: Compt. rend. de l'Académie des Sciences, Paris 1922, T. 174. S. 707.

[2]) Rabanus: Weinbau und Kellerwirtschaft, 1923, S. 4 und 14.

[3]) Gard: Revue de Pathol. veg. et d'Entomol. agric., 1923, T. 10, S. 332.

wurden die Chlorophyll- und Zuckerzunahme nicht immer als gesundheitsfördernde Momente aufgefaßt, da die Anhäufung auch als Hemmung der Assimilation und als mangelhafte Stärkeableitung angesehen wird.

Eine fünfte auch von Villedieu aufgestellte Theorie nimmt an, daß die unlöslichen, meist kolloidalen Kupferverbindungen nur durch direkten Kontakt wirken und daß die Wirkung um so größer ist, je feiner die Ausfällungen sind.

Die sechste von Wortmann[1]) und Killing[2]) aufgestellte Theorie führt die fungizide Giftwirkung und die wachstumsfördernde Wirkung des Kupfers auf die Blätter auf eine elektro-negative Strahlung zurück. Die Theorie hat wegen ihrer fraglichen Unterlagen eine allgemeine Ablehnung erfahren[3]).

Wenn auch die Wirkungsweise der Kupferkalkbrühe noch nicht sicher bekannt ist, so ist doch anzunehmen, daß die erste der oben genannten Theorien den wirklichen Verhältnissen am nächsten kommen wird. Für die Giftwirkung ist der Kalkgehalt wichtig, da mit steigendem Kalküberschuß über die Neutralität hinaus die fungizide Wirkung bis zur völligen Aufhebung sinkt. Sowohl saure als auch überalkalisierte Brühen können Blattbeschädigungen verursachen. Am besten sind hinsichtlich der Giftwirkung und der Unschädlichkeit der Pflanze gegenüber neutrale Brühen; da jedoch der Neutralisationspunkt in der Praxis schwer zu erhalten ist, werden dort meist schwach alkalische Brühen benutzt.

Die oben beschriebene günstige Einwirkung der Kupferkalkbrühe auf die Pflanze kann sich bis zur Ertragsvermehrung steigern und dadurch als Stimulationswirkung eine wünschenswerte Ergänzung zur fungiziden Wirkung bilden. Die Stimulationswirkung ist als Knollenertragssteigerung insbesondere bei der Anwendung der Kupferkalkbrühe zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (Phytophthora infestans) beobachtet worden. In den Kartoffelbaubezirken der Ver. Staaten von Amerika gehört das Spritzen der Kartoffelpflanzen mit Kupferkalkbrühe daher zu den regelmäßigen Bewirtschaftungsarbeiten. Man ist geneigt, die Ertragssteigerung der Kupferkalkbrühe teilweise auf eine durch die Spritzung erreichte Verlängerung der Vegetationszeit der Kartoffel zurückzuführen. Auch bei Obstbäumen ist beobachtet worden, daß eine Behandlung mit Kupferkalkbrühe ein üppigeres Laub erzeugt, das im Herbst später abfällt als das unbehandelte Laub.

---

[1]) Wortmann: Wein und Rebe, 1919, Heft 2 bis 8.

[2]) Killing: Wein und Rebe, 1919, Heft 9 und 12, 1920, Heft 1.

[3]) Vgl. Rabanus: Weinbau und Kellerwirtschaft, 1922, Bd. 1, S. 65 und Angewandte Botanik, 1920, Bd. 2, S. 226.

Neben der günstigen Wirkung der Kupferkalkbrühe ist noch eine leicht schädigende Wirkung zu berücksichtigen. Lösliche Kupfersalze sind für höhere Pflanzen, besonders für die Wurzeln sehr schädigend. Wenn auch die durch Regen von den Bäumen abgewaschenen und in den Boden gebrachten Kupferverbindungen meist nicht schaden, da sie durch basische Bodenbestandteile gebunden werden, so ist doch ein stärkeres Herunterfließen der Kupferkalkbrühe am Stamm zu vermeiden. Beschädigungen des Laubes sucht man durch leichte Alkalisierung der Brühe zu verhindern. Da aber durch die Atmosphärilien oder durch die Ausscheidungen der Pflanze stets geringe Kupfermengen in Lösung gehen, werden sehr oft zwar unbedeutende, jedoch häufig deutlich sichtbare Veränderungen an oberirdischen Pflanzenteilen beobachtet. Die Veränderungen zeigen sich vornehmlich an den behandelten Früchten als rauhe oder gar etwas rissige Schale und werden als „Bordeaux-Schorf", „Bordeaux-Verbrennungen", „Spritzbräunung" oder „Korkbräunung" bezeichnet. Der Grad der Bordeauxschäden ist je nach der Pflanzenart verschieden; Pfirsich, Aprikosen und japanische Pflaumen sind am empfindlichsten, die gewöhnliche Pflaume, Apfel und Birne sind weniger empfindlich. Für die Empfindlichkeit scheint die Fähigkeit des Zellsaftes, Kalziumhydroxyd zu lösen, und die Permeabilität der Epidermis von Bedeutung zu sein. Auf die Höhe der Schäden hat die Witterung großen Einfluß, es hat sich gezeigt, daß insbesondere feuchte Witterung die Schäden mehr begünstigt als trockenes Wetter. Die Beschädigung an den Früchten erscheint zuerst als kleine braune Flecken; später werden die beschädigten Stellen rauh und infolge der gerissenen Epidermis und der Bildung von Korkzellen rötlichbraun. Stärker beschädigte Stellen sind geschrumpft und durch Risse oder rauhe, eingesunkene Narben entstellt. Die an den Blättern beobachteten Bordeauxschäden bestehen in einem Vergilben der Blätter, seltener in einem vollkommenen Blattfall. Bei richtig zubereiteter Kupferkalkbrühe sind bedeutsame Schäden im allgemeinen nicht zu erwarten; die an den durch Kupferkalkbehandlung vor Fusikladiumbefall bewahrten Früchten (Birnen) häufig zu beobachtende rauhe Schale ist nur ein Schönheitsfehler, der nicht in Vergleich zu setzen ist zu den starken, bei unbehandelten Bäumen durch Schorf bewirkten Schäden. Bei unsachgemäßer Ansetzung der Kupferkalkbrühe (saure Reaktion) können Schädigungen bis zum Blattabfall auftreten.

Eine insektizide Wirkung ist der Kupferkalkbrühe nicht zuzuschreiben, wohl aber ist oft eine abschreckende Wirkung auf Zikaden und Blattflöhe und beißende Insekten zu beobachten. Eine fraßabschreckende Wirkung hat sich besonders bei der Kombination von Kupferkalkbrühe mit bestimmten Arsenmitteln häufig so deutlich bemerkbar ge-

macht, daß die zur Erhöhung der Schwebefähigkeit der Arsenmittel meist empfohlene Kombination zur Bekämpfung mancher Insekten (z. B. des Koloradokäfers) sich als nicht brauchbar erwiesen hat.

Von den pilzlichen Parasiten und den durch sie bewirkten Krankheiten, gegen welche die Kupferkalkbrühe Anwendung findet, seien nach dem Flugblatt 74 der Biologischen Reichsanstalt folgende als die wichtigsten genannt:

die Blattfallkrankheit der Reben (Peronospora), Plasmopara viticola;
der rote Brenner der Reben, Pseudopeziza tracheiphila;
die Krautfäule der Kartoffeln, Phytophthora infestans;
der Schorf der Äpfel, Birnen und Kirschen, Fusicladium dendriticum, F. pirinum und F. cerasi;
die Kräuselkrankheit des Pfirsichs, Taphrina (Exoascus) deformans;
die Schrotschußkrankheit des Steinobstes, Clasterosporium carpophilum;
die Blattfallkrankheit der Stachel- und Johannisbeeren, Pseudopeziza ribis;
die Schüttekrankheit der Kiefer, Lophodermium pinastri;
der falsche Mehltau (Peronospora spec.) der Gemüse- und Zierpflanzen;
einige Blattfleckenkrankheiten der Obstbäume, Beerensträucher und Zierpflanzen, verursacht durch Pilze der Gattungen Gloeosporium, Entomosporium, Phyllosticta, Mycosphaerella, Stigmatea, Colletotrichum, Septoria, Cercospora u. a.

Die größte Bedeutung hat die Kupferkalkbrühe in Deutschland zur Bekämpfung der Peronospora im Weinbau erhalten. Der jährliche Verbrauch an Kupfersulfat zur Peronosporabekämpfung betrug nach K. Müller[1]) im Jahre 1914 allein für Baden 7800 Doppelzentner und für Deutschland 600—700 Waggonladungen zu je 10 000 kg.

Zur Anwendung der Kupferkalkbrühe muß die spritzfertige Brühe beim Einfüllen in die Spritzapparate durch ein Sieb gegossen werden, um Verstopfungen der Spritzdüsen durch Kalkpartikelchen zu vermeiden. Die Spritzapparate sind in der Regel mit besonderen Sieben ausgerüstet und im Spritzrohr mit eingebauten Sieben versehen. Die Verspritzung selbst erfolgt aus enggebohrten Spritzdüsen, die eine möglichst gleichmäßige und feine Verteilung der Flüssigkeit gestatten (vgl. S. 182). Da die Wirkung der Kupferkalkbrühe eine prophylaktische ist, muß der Zeitpunkt der Spritzung richtig gewählt sein; im deutschen Weinbau pflegt man die besten Spritztermine nach sogenannten Inkubationskalendern vorher zu bestimmen und durch den Peronospora-Vorhersagedienst den Winzern frühzeitig bekanntzugeben (vgl. S. 413).

Die fungizide Kupferkalkbrühe ist so vorzüglich, daß eine Verstärkung dieser Wirkung durch Zusatz anderer Grundstoffe nicht notwendig

[1]) Müller, K.: Rebschädlinge und ihre neuzeitl. Bekämpfung, Karlsruhe 1922.

ist, wohl aber wird die Kupferkalkbrühe mit anderen Mitteln zur gleichzeitigen Bekämpfung mehrerer Schädlinge gern kombiniert. Die häufigste Kombination ist die zur Bekämpfung pilzlicher Schädlinge und beißender Insekten geeignete Arsenkupferkalkbrühe, zu der in Deutschland meist Schweinfurtergrün-Präparate, in Amerika meist Bleiarseniat-Präparate verwandt werden. In Florida hat sich ferner zum Schutze der Citrus-Ernte gegen Pilzerkrankungen und Schildläuse eine Bordeaux-Emulsion bewährt, die als Bordeaux-Petroleum-Seifenemulsion [1]) von Slingerland 1893 zum erstenmal angewandt wurde. Die Vorzüge der Kombination bestehen außer in der Doppelwirkung als Fungizid und Insektizid noch in der Verbesserung der Ölemulsionen (bessere Emulsion auch bei hartem Wasser vgl. S. 204) und in der Erhöhung der Benetzungsfähigkeit der Kupferkalkbrühe. Die Kombination zeigt größere Verbrennungsmöglichkeiten, wie sie die beiden Komponenten einzeln besitzen (vgl. S. 296).

Zur Erhöhung der Haftfähigkeit der Kupferkalkbrühe ist in den letzten Jahren der Zusatz von Magnesiumsulfat oder Bittersalz empfohlen worden. Da die Haftfähigkeit einer frisch und richtig zubereiteten Kupferkalkbrühe gut ist und die Spritzflecken noch nach Monaten zu sehen sind, liegt für die Erhöhung der Haftfähigkeit kein Bedürfnis vor. Auch die Schwebefähigkeit der frisch bereiteten Kupferkalkbrühe ist ausreichend, so daß eine Erschwerung der Herstellungsweise durch Zusatz neuer Hilfsstoffe nicht wünschenswert erscheint.

Die Kupfersoda-Brühe oder Burgunder-Brühe hat bei weitem nicht die Verbreitung der Kupferkalkbrühe gefunden, sie hat jedoch besonders im Weinbau zur Bekämpfung der Peronospora ebenfalls eine gewisse Bedeutung erreicht. Bei ihr wird die saure Reaktion des Kupfervitriols statt mit Ätzkalk durch Neutralisation mit Soda beseitigt. Die bei der Herstellung der Brühe vor sich gehende Umsetzung kann schematisch durch die Formel $CuSO_4 + Na_2CO_3 = CuCO_3 + Na_2SO_4$ deutlich gemacht werden. Die bei der Zubereitung der Brühe wirklich stattfindenden Umsetzungen sind jedoch weit komplizierter; nach Hollrung kann die fertige Brühe je nach der Menge der verwandten Salze freies Kupfersulfat, neutrales Kupferkarbonat, basisches Kupferkarbonat, basisches Kupfersulfat, Natriumsulfat und Natriumbikarbonat enthalten.

Zur Herstellung von 100 Litern einer 1proz. Kupfersodabrühe werden nach R. Scherpe [2]) 50 Liter einer 2proz. Kupfersulfatlösung in

---

[1]) Winston, J. R., Bowman, J. J., und Yothers, W. W.: U. S. Dep. of Agriculture, Dep. Bull. 1178, 1923.

[2]) Scherpe, R: Flugblatt 52 der Biologischen Reichsanstalt.

50 Liter einer Sodalösung gegossen, die 1,2 kg kristallisierte oder 450 g kalzinierte wasserfreie Soda enthält. Da die bei der Mischung entstehenden Verbindungen eine Prüfung der Reaktion der fertigen Brühe mittels Reagenzpapier nicht zulassen, müssen die Salzmengen genau abgemessen werden, um pflanzenschädigende oder die physikalische Eigenart der Brühe verschlechternde Eigenschaften zu vermeiden. Die fertige Kupfersodabrühe ist eine blaugrüne Flüssigkeit mit feinflockiger, schleimiger Ausfällung, die durch Stehen noch schneller ihre Schwebefähigkeit verliert, als die Kupferkalkbrühe. Ein Zusatz von 100 g Seignettesalz (weinsaures Natrium-Kalium) zu 100 Liter Spritzflüssigkeit macht die Kupfersodabrühe für längere Zeit haltbar.

Die fungizide Wirksamkeit der Kupfersodabrühe, die der Giftwirkung der Kupferkalkbrühe gleichkommt und die Kupfersodabrühe zur Bekämpfung derselben pilzlichen Schädlinge in Frage kommen läßt, die auch mit der Kupferkalkbrühe erfolgreich bekämpft werden, wird allgemein dahin erklärt, daß geringe Spuren der in den Spritzflecken enthaltenen schwer löslichen Kupferverbindungen durch die Atmosphärilien in lösliche Verbindungen übergeführt werden. Die Benetzungsfähigkeit der Kupfersodabrühe versuchte man verschiedentlich durch Zusatz von Seife, die Haftfähigkeit durch Zusatz von Kasein, Leim oder Wasserglas zu erhöhen. Vor der Kupferkalkbrühe besitzt die Kupfersodabrühe die Vorteile, daß die Herstellung einfacher ist und zur Herstellung Stoffe (Soda statt Kalk) benutzt werden, die in guter Beschaffenheit stets erhältlich sind, daß weiter die Spritzbrühe auf den behandelten Pflanzen keine Spritzflecken hinterläßt, die Kupfersodabrühe daher besonders zur Behandlung von Blumen und Ziergewächsen in Frage kommt, und daß endlich bei der Kupfersodabrühe Verstopfungen der Spritzdüsen nicht vorkommen. Als Nachteile besitzt die Kupfersodabrühe vor der Kupferkalkbrühe die größere Möglichkeit von Blattbeschädigungen, die geringere Haltbarkeit und die Unmöglichkeit, mit Arsenmitteln kombiniert zu werden.

Zur Erleichterung der Herstellung der Kupfersodabrühe sind verschiedentlich fertige Mischungen von Kupfervitriol und entwässerter Soda (2 : 1) in den Handel gekommen. Eine Herstellung der Brühe durch Verwendung von feinpulverigem Kupferkarbonat ist nicht zu empfehlen, da das Kupferkarbonat nicht in der Feinheit des frisch gefällten Kupferkarbonats der selbst bereiteten Kupfersodabrühe zur Verwendung kommen kann, die mit Kupferkarbonat hergestellten Brühen daher sehr schlechte Schwebefähigkeit zeigen.

Die Kupferalaun-Kalkbrühe oder Martini-Brühe geht von der Kupferkalkbrühe aus und versucht, einen Teil des Kupfersulfates durch billigere Stoffe zu ersetzen. Zur Herstellung der Kupferalaunkalk-

brühe werden 500 g Kupfersulfat und 500 g Alaun in 80 Liter Wasser gelöst und mit einer Kalkmilch von 650 g Ätzkalk in 20 Liter Wasser gemischt.

Die Bewertung, die die Martinibrühe von den einzelnen Versuchsanstellern gefunden hat, ist nicht eindeutig; immerhin ergaben Versuche im Weinbau, daß ein Ersatz bis zur Hälfte des Kupfervitriols der Kupferkalkbrühe durch Alaun die fungizide Wirkung der Spritzbrühe gegen Peronospora nicht merklich beeinträchtigt, während die Haftfähigkeit durch Alaunzusatz zunimmt. Eine größere Verbreitung hat die Martinibrühe bisher nicht gefunden.

Die Kupferammoniak-Brühe entsteht durch Mischung von Kupfervitriollösung mit Ammoniak, wobei zuerst neben schwefelsaurem Ammoniak sich Kupferhydroxyd als flockiger Niederschlag bildet, der jedoch bei einem Überschuß von Ammoniak als Tetrammin-cuprisulfat (Azurin) von „azurblauer" Farbe wieder in Lösung geht.

Zur Herstellung der Kupferammoniakbrühe werden 100 g Kupfersulfat in 50 Liter Wasser gelöst und einer Lösung von 200 g frischem kohlensaurem Ammoniak in 50 Liter Wasser zugesetzt.

Die Kupferammoniakbrühe zeigt gute fungizide Wirkung auf die auch mit Kupferkalkbrühe zu bekämpfenden pilzlichen Krankheitserreger; wegen der Gefahr der Blattbeschädigungen darf jedoch im Kupfervitriolgehalt nicht über 0,1—0,2 Proz. hinausgegangen werden. Auch ein starker Überschuß an Ammoniak wirkt pflanzenschädigend. Als Vorteil besitzt die Brühe gute, durch keine Spritzdüsenverstopfung behinderte Verspritzbarkeit; als Nachteil ist die mangelhafte Haftfähigkeit anzuführen. Die Brühe hat sich nach Hollrung insbesondere zur Bekämpfung des Schorfes (Cladosporium citri) der Citrusbäume gut bewährt.

Als verstärkte Kupferammoniakbrühe wird eine Kombination der Kupferammoniakbrühe mit Seife bezeichnet, die in Amerika zur gleichzeitigen Bekämpfung von Pilzen und Blattläusen Anwendung gefunden hat.

Als Kupferkarbonat-Ammoniaklösung wurde nach Hollrung eine durch Mischen einer Kupferkarbonat- mit einer Ammoniaklösung im Überschuß gewonnene Flüssigkeit in Amerika vor der Einführung der Kupferkalkbrühe viel angewandt, die eine ähnliche günstige fungizide Wirkung wie die Kupferammoniakbrühe zeigt, jedoch weniger leicht Verbrennungen bewirken soll. Das Mittel ist heute durch die bessere Kupferkalkbrühe ersetzt, obwohl die Kupferkarbonat-Ammoniaklösung vor der Kupferkalkbrühe den Vorteil besitzt, daß sie die Ausfärbung der Früchte nicht hindert und so marktfähigere Ware liefert.

Als Kupferaluminium-Brühe wurde von K. Müller eine veränderte Kupferkalkbrühe empfohlen, bei welcher, ähnlich wie bei der Martinibrühe, die Hälfte des Kupfervitriols durch das billigere Aluminiumsulfat ersetzt wurde. Der Erfolg gegen Peronospora war gut, doch hat die Brühe bisher keine weitere Verbreitung gefunden.

Kupferazetat-Lösungen haben in 0,5—1proz. Konzentration in Amerika zur Bekämpfung der Phytophthora an Kartoffeln und in Frankreich zur Bekämpfung der Peronospora Verwendung gefunden. Da das saure Salz leicht Verbrennungen verursacht, werden zu Bekämpfungszwecken meist das neutrale und das basische Kupferazetat benutzt, die sich als Lösungen leicht verspritzen lassen und als (allerdings nicht sichtbarer) Spritzbelag infolge Bildung von unlöslichem Kupferhydroxyd eine gute Haftfähigkeit zeigen. In ihrer fungiziden Wirkung sollen Kupferazetatlösungen die Kupferkalkbrühe sogar übertreffen. In Deutschland hat das Mittel, abgesehen von Einzelversuchen, bisher keine Verbreitung gefunden.

Die Kupfer-Zink-Kalkbrühe (0,75 Proz. Kupfersulfat; 0,75 Proz. Zinksulfat; 1,25 Proz. Kalk) und die Zink-Alaun-Sodabrühe (1 Proz. Zinksulfat; 1 Proz. Alaun; 1 Proz. Soda) erstreben den teilweisen bzw. vollständigen Ersatz des Kupfers der Kupferkalkbrühe; beide Brühen sind versuchsweise zur Peronosporabekämpfung angewandt worden und zeigten befriedigende Ergebnisse.

Perozidbrühe. Die meisten der oben angeführten Kupferbrühen stellen entweder Vorstufen zur Kupferkalkbrühe dar oder versuchen, das wertvolle Kupfer durch billigere Stoffe zu ersetzen. Insbesondere während des Weltkrieges lag das Bedürfnis nach einem solchen Ersatz in vielen Staaten vor. In Deutschland wurden die bei der Thoriumgewinnung abfallenden Ceriterden (Cerium, Lanthan, Neodym u. a. m.), die in Form ihrer Sulfate bei der Herstellung der Gasglühkörper als Rückstände gewonnen und als Perozid in den Handel kamen, als Ersatz der Kupferkalkbrühe benutzt. Da die fungizide Giftwirkung geringer ist, als die der Kupferkalkbrühe, wurde die Perozidbrühe [1]) anstatt in 1proz. in 2proz. Konzentration unter Zugabe von Kalk verwandt. Inzwischen hat sich die Preisgestaltung so geändert, daß die Perozidbrühe durch die billigere und bessere Kupferkalkbrühe wieder ersetzt ist. Zur Zeit wird Perozid nicht mehr hergestellt.

Andere, dem Kupfer überlegene Mittel, die Aussicht auf eine wirtschaftliche Anwendung hätten, sind als Ersatz des Kupfers nicht gefun-

[1]) Appel, O.: Die Perozidbrühe als Ersatz der Kupferkalkbrühe, Flugblatt 62 der Biologischen Reichsanstalt.

den worden; nach W. Kotte[1]) scheinen in erster Linie Kadmium und außer den Ceriterden noch Aluminium (Aluminium-Kalkbrühe) aussichtsreich zu sein.

Kupferhaltige Handelspräparate: Kupferhaltige Handelspräparate werden von zahlreichen ausländischen und deutschen Firmen hergestellt und vertrieben. Zur Materialersparnis und zur Verbilligung enthalten die Präparate häufig die Kupferverbindungen in sehr feiner Form als sog. „kolloidale" Kupferverbindungen. Von den zahlreichen im Handel befindlichen Präparaten werden zur Zeit vom Deutschen Pflanzenschutzdienst als brauchbar empfohlen: Nosperal, Nosprasen und Nosperit der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M.

Schwefelhaltige Spritzmittel

Die kupferhaltigen Pflanzenschutzmittel versagen trotz ihrer vorzüglichen fungiziden Wirkung gegenüber Peronospora, Fusikladium und vielen anderen pilzlichen Krankheitserregern doch völlig bei der Gruppe der echten Mehltaupilze (Erysiphazeen). Diese Lücke wird nun von den schwefelhaltigen Mitteln ausgefüllt, die zwar eine engbegrenzte, nur auf die Erysiphazeen beschränkte fungizide Giftwirkung zeigen, jedoch als bisher einzige, zur Bekämpfung dieser Pilzgruppe in Frage kommende Mittel von größter Wichtigkeit sind. Auch unter den tierischen Schädlingen zeigen nur die Spinnmilben eine große Empfindlichkeit gegen Schwefel und schwefelhaltige Mittel, so daß auch zu ihrer Bekämpfung in erster Linie diese Mittel in Frage kommen. (Über die Art der Giftwirkung s. S. 275).

Die ursprünglichste und einfachste Anwendung schwefelhaltiger Mittel ist das Verstäuben von pulverförmigem Schwefel, eine Maßnahme, die noch heute besonders in Großbetrieben, wie z. B. im deutschen Weinbau, wegen ihrer schnellen Anwendungsmöglichkeit allgemein gebräuchlich ist (vgl. S. 277). Dem Verstäuben von Schwefelpulver haften jedoch verschiedene Mängel an. Der verstäubte Schwefel haftet schlecht auf den Blättern und zeigt eine geringe Regenbeständigkeit, das Verstäuben hängt also sehr von den Witterungsverhältnissen ab; außerdem war es schwer, den Pulverschwefel zusammen mit Kupfermitteln zu kombinieren. Man versuchte daher bald, den Schwefel in Gestalt von Spritzflüssigkeiten anzuwenden, wobei außer einer guten Haftfähigkeit und Regenbeständigkeit auch eine gleichmäßigere Verteilung und eine Materialersparnis verbunden werden konnten.

Schwefelaufschwemmungen: Die einfachste Art, Schwefel als Spritzbrühe zu benutzen, war die Verwendung der Schwefelaufschwem-

[1]) Kotte, W.: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., Bd. 61, S. 367.

mungen, bei denen feingemahlener Schwefel in Wasser verteilt und als Spritzbrühe auf die Pflanzen verspritzt wurde. Zur Bekämpfung von Spinnmilben hat sich eine Mischung von 3—4 kg Schwefel in 100 Liter Wasser bewährt; auch Aufschwemmungen von Schwefelpulver in Kupferkalkbrühe und Arsenbrühen sind verschiedentlich zur Verwendung gekommen (s. S. 251). Da der Pulverschwefel nur sehr schwer benetzbar ist, wird er zweckmäßig vorher mit Seifenwasser, Spiritus, Leim, Kleister oder Oleinsäure zu einer dünnen Paste verrührt und dann erst dem Wasser oder der Kupferkalkbrühe zugefügt. Ein weiterer Zusatz von $^1/_2$—1 Proz. Seife zur Schwefelwassermischung begünstigt die Verteilung des Schwefels und die Benetzungsfähigkeit der Spritzbrühe. Die Schwefelwassermischungen haben in verschiedensten Zusammensetzungen in den letzten Jahren in Amerika als wirksame Sommerspritzungen Verwendung gefunden. Bei ihnen wurden zur Erleichterung der Anfeuchtung und Mischung des Schwefelpulvers mit Wasser statt Seife insbesondere Leim und Kalziumkaseinat benutzt. Eine in Amerika bekannte und von der Landwirtschaftlichen Versuchsstation in New Jersey[1]) seit 1917 empfohlene Mischung ist die „New Jersey Sulfur-Glue Mixture", bei welcher 4 kg feingemahlener Schwefel mit 25 g in Wasser aufgelöstem Leim angefeuchtet und zusammen mit 2 kg gelöschtem Kalk zu 12 Liter Wasser zugefügt werden; die ganze Mischung wird dann auf 200 Liter Spritzflüssigkeit mit Wasser aufgefüllt. Die guten Erfolge, die diese Mischung als Sommerspritzung in den Obstbaugebieten des Staates New Jersey erlangte, gab Veranlassung, den Leim durch Kalziumkaseinat zu ersetzen und so eine trockene Mischung von Schwefel (4 kg), Kalk (2 kg) und Kalziumkaseinat (250 g) zu erhalten, die nur noch mit Wasser (200 Liter) verdünnt zu werden braucht. Zur Selbstherstellung dieser als „Dry-Mix-Sulfur Lime" bezeichneten Mischung werden sublimierter oder sehr fein gemahlener Schwefel, frisch gelöschter Kalk und die unter dem Namen „Kayso", „Spreado" oder „Spra-Spred" im Handel befindlichen fertigen Kalziumkaseinat-Präparate verwendet. Von den Handelspräparaten der „Dry-Mix-Sulfur Lime"-Mischung wird ein Gehalt von 64 Proz. Schwefel, 32 Proz. Kalziumoxyd und 4 Proz. Kalziumkaseinat verlangt. Zur gleichzeitigen Bekämpfung von Blattläusen, Spinnmilben und Mehltaupilzen verwandten Parrott und Glasgow[2]) eine als „dry mix" oder „wettable sulfur" bezeichnete Mischung von 16 pds Schwefel, 8 pds gelöschtem Kalk, 1 pd Kalziumkaseinat und 1 pint (= 567 ccm) Nikotinsulfat auf

[1]) Farley, A. J.: New Jersey Agric. Exp. Station, 1923, Bull. 379.

[2]) Parrott, P. J., und Glasgow, H.: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 214.

100 gals (= 450 Liter) Wasser. Auch eine Kombination der Schwefelkalkaufschwemmungen mit Bleiarseniat wird von Farley zur Bekämpfung von beißenden Insekten, Spinnmilben und Mehltaupilzen empfohlen. Die Schwefelkalkaufschwemmungen zeigen eine geringere Wirksamkeit, als die in Amerika viel benutzte Schwefelkalkbrühe (vgl. S. 227); sie haben jedoch vor der Schwefelkalkbrühe die Vorteile, daß sie leichter herzustellen sind und weniger leicht Verbrennungen verursachen, daher als Sommerbehandlung an Kern- und Steinobst in Amerika Verwendung finden.

Kolloidaler und gefällter Schwefel: Wirkung und Haftfähigkeit des Schwefels hängen in hohem Maße von seinem Feinheitsgrad ab; um beide zu steigern, ist eine Erhöhung des Feinheitsgrades notwendig. Man hat daher verschiedentlich versucht, in schwefelhaltigen Flüssigkeiten den Schwefel als feinflockigen Niederschlag auszufällen oder ihn sogar als kolloidale Lösung zur Anwendung zu bringen. Die Schwierigkeit der Verwendung wirklich kolloidaler Schwefellösungen liegt in dem Bestreben der kolloidalen Partikelchen, sich aneinander zu lagern, zu „wachsen" und so aus dem kolloidalen Zustand allmählich in den gefällten überzugehen. So sind auch die von der Pflanzenschutzmittelindustrie hergestellten sogenannten „kolloidalen" Schwefelpräparate in Wirklichkeit niemals kolloidal, sie kommen aber, wenn sie nicht zu lang gelagert haben, in ihrer Teilchengröße dem Charakter der kolloidalen Lösungen nahe und reichen in ihrer Feinheit für die Bekämpfungszwecke noch völlig aus. Wie die Teilchen „wachsen", zeigt de Ong[1]), nach dessen Angaben die Teilchengröße von gefälltem Schwefel bei 21tägigem Stehen der Lösung von 6 bis zu 30 μ Größe zunahm.

Schwefelpräparate, die den Schwefel in kolloidaler oder gefällter Form enthalten, werden in Deutschland fast durchweg fabrikmäßig hergestellt[2]), in Amerika ist es neben der fabrikmäßigen Herstellung der als „atomic sulfur" bezeichneten Präparate auch verschiedentlich versucht worden, den Praktikern die Selbstherstellung des gefällten oder kolloidalen Schwefels zu empfehlen. Nach einer dieser Methoden wird Schwefelwasserstoff so lange in eine gesättigte Schwefeldioxyd-Lösung eingeleitet, bis kein Schwefeldioxydgeruch mehr wahrnehmbar ist. Die Entfernung des Schwefeldioxyds ist wichtig, da freies Schwefeldioxyd leicht Blattverbrennungen verursacht. Die so erhaltene, als Wackenrodersche Flüssigkeit bezeichnete, etwas getrübte, gelbe Lösung enthält den

[1]) De Ong: Journal of economic Entomology, 1924. Vol. 17, S. 533.

[2]) Cosan der Chemischen Fabrik E. de Haën, Seelze bei Hannover, Erysit der Chemischen Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin N 39.

Schwefel zum Teil in kolloidaler Form, zum Teil als feine Tröpfchen. Da die Schwefelpartikelchen nur langsam wachsen, ist die Lösung verhältnismäßig lange haltbar. Ob die Methode für den Praktiker in Frage kommt, ist bei der Schwierigkeit der Herstellung fraglich, immerhin wird sie von de Ong zur Selbstherstellung empfohlen. — Die zweite Methode der Herstellung sieht eine Ausfällung von Schwefel aus schwefelhaltigen Lösungen mittels Säure vor. Als Ausgangslösungen wurden Schwefelleberlösung (Kaliumsulfid und Kaliumpolysulfide), Schwefelkalkbrühe und Natriumthiosulfat benutzt, denen Salzsäure, Schwefelsäure, Essigsäure oder Lösungen saurer Salze zugesetzt wurden. Die Menge der zur Ausfällung notwendigen Säure kann durch Methylorange kontrolliert werden. Da die Lösungen bei mehrtägigem Stehen eine Größenzunahme der Körnchen zeigen, ist der Zusatz von Leim oder Gelatine zweckmäßig, die als Schutzkolloide das Entstehen gröberer Ausfällungen stark verzögern. Als Beispiel für die praktische Herstellung eines präzipitierten Schwefels sei die von P. Lederle[1]) empfohlene Methode angeführt. Lederle benutzte die Natriumthiosulfatlösung, da die durch Ansäuerung der sonst üblichen Schwefelleberlösung erhaltene „Schwefelmilch" viel Schwefelwasserstoff enthält, der bei Kombination mit Kupferkalkbrühe ein schwarzes, geringe Schwebefähigkeit zeigendes Kupfersulfid bildet. Nach der Formel $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + S + SO_2 + H_2O$ entsteht neben Schwefel noch Schwefeldioxyd, das nach Lederle die fungizide Wirkung der Spritzbrühe erhöht. Zur Herstellung wird eine Lösung A durch Zusammengießen einer heißen Leimlösung (10 g auf $^1/_2$ Liter Wasser) zu einer heißen Natriumthiosulfatlösung (250 g auf 5 Liter Wasser) hergestellt, gut umgerührt und zum Erkalten gebracht; weiter wird eine Lösung B von 250 g Natriumbisulfat in 5 Liter Wasser angesetzt. An Stelle des Natriumbisulfats können auch 275 g Kaliumbisulfat oder 100 g konzentrierte Schwefelsäure genommen werden. Durch Zusammengießen der Lösung A und Lösung B entsteht die Stammlösung, in der bei längerem Stehen (18 Stunden) der Schwefel ausfällt. Die Stammlösung wird nach Bildung des präzipitierten Schwefels mit Wasser auf 100 Liter „Schwefelmilchbrühe" aufgefüllt oder kann der Kupferkalkbrühe oder der Arsenkupferkalkbrühe zugesetzt werden. Ein zu hoher Gehalt an freier Säure in der Schwefelmilchbrühe wird durch Kalkmilchzusatz beseitigt. Nach Lederle zeigte der gefällte Feinschwefel gute Erfolge gegen Wein-, Rosen-, Stachelbeer- und Evonymusmehltau, gegen Blattrollkrankheit des Pfirsichs, Spinnmilben und Blattläuse.

Als dritte, auch vom Praktiker selbst auszuführende Methode zur

[1]) Lederle, P.: Wein und Rebe, 4. Jahrg., 1922, S. 195.

Herstellung feinkörniger Schwefelbrühen empfehlen A. Hartzell und F. H. Lathrop[1]), eine Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff mit Seifenlösungen zu einer „Schwefelkohlenstoff-Schwefelemulsion" zu emulgieren. Kalifischölseife und Nikotinoleat waren die besten Emulgierungsmittel, während Gelatine und Leim weniger beständige Emulsionen lieferten. Je höher der Schwefelgehalt des Schwefelkohlenstoff-Schwefelgemisches war, um so beständiger war die Emulsion. Zur Herstellung ist nach Angabe der Autoren eine Lösung von 1 g Schwefelblüte in 250 ccm Schwefelkohlenstoff langsam und unter Umrühren in eine Lösung von 5 g Kalifischölseife in 200 ccm Wasser zu gießen, bis eine gelblich-weiße Emulsion entsteht. Diese Stammlösung kann mit jeder Menge Wasser verdünnt werden und soll in einer Verdünnung von 1 : 20 keine Blattbeschädigungen mehr verursachen und gute insektizide Wirkung zeigen. Die Wirkung kann durch Zugabe von Nikotinoleat erhöht werden.

Als vierte auch von Hartzell und Lathrop empfohlene Methode sei die Verwendung einer zusammengeschmolzenen und nach dem Erkalten feingemahlenen Naphthalin-Schwefelmischung angeführt, zu der langsam und unter Umrühren eine heiße Kalifischölseife zugegossen wird. Es entsteht eine gelblichweiße Paste, die nach der Zugabe von Wasser (1 : 50) eine weiße Schwefelmilch abgibt, deren Teilchen durchschnittlich unter 5 μ[2]) messen.

Endlich sollen nach Hartzell und Lathrop noch durch Einleiten von Schwefeldampf in Seifenlösungen kolloidale Schwefellösungen herzustellen sein. Die Menge des Schwefels, die eine Seifenlösung (Leimlösungen geben weniger gute kolloidale Lösungen) aufnehmen kann, hängt von der Konzentration des Dispersionsmittels ab. Die nach dieser Methode im großen von den beiden Autoren hergestellte Schwefelstammlösung enthielt 12 pds Schwefel in 100 gals Leimlösung (10 pds Leim in 100 gals Wasser[3])); 3 Teile der Stammlösung wurden zur Herstellung der Spritzbrühe mit 47 Teilen Wasser verdünnt.

Inwieweit besonders die letzten Methoden für eine geeignete und praktisch durchführbare Selbstherstellung oder für eine fabrikmäßige Zubereitung kolloidaler oder präzipitierter Schwefelpräparate brauchbar gemacht werden können, bleibt abzuwarten. Jedenfalls wird seit einigen Jahren zur Herstellung von Handelspräparaten mit möglichst hohem Feinheitsgrad der einzelnen Schwefelteilchen an Stelle des gefällten Schwefels gemahlener Schwefel genommen, da es heute mit Hilfe der neuen Kolloid-

[1]) Hartzell, A., und Lathrop, F. H.: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 267.

[2]) 1 μ = 0,001 mm.

[3]) 1 pd = 453 g, 1 gal = 4,5 Liter.

mühlen (Plausonsche Kolloidmühle) möglich ist, ein Schwefelpulver zu gewinnen, dessen Feinheit der des gefällten Schwefels gleichkommt. Es werden mit Hilfe dieser Mühlen Schwefelpasten hergestellt, deren Durchschnittsteilchen $^1/_2$—1 μ Größe haben und die durch geeignete Schutzkolloide längere Zeit in dieser Feinheit gehalten werden können. Ein zu großer Feinheitsgrad hat sich oft nicht als wünschenswert erwiesen, da er neben der Steigerung der Giftwirkung auch Blattverbrennungen stark begünstigt. So wurde von de Ong bei Verwendung von kolloidalem Schwefel beobachtet, daß eine 0,8—1proz. Spritzbrühe Laub schädigte, welches von Pulverschwefel nicht geschädigt wurde. — Einer allgemeinen Anwendung, insbesondere einer Verwendung in Großbetrieben, steht der Preis der kolloidalen Schwefelpräparate oft hindernd im Wege.

Schwefelkalkbrühe. Die ersten unbefriedigt verlaufenen Versuche, Schwefel in wäßrigen Aufschwemmungen zu verwenden, führten zur Ausarbeitung der Schwefelkalkbrühe. Nach Hollrung ist die Entdeckung der Schwefelkalkbrühe dem Amerikaner Kenrick zu verdanken, der 1883 eine durch Kochen von Schwefel und Kalziumoxyd (Ätzkalk) hergestellte Brühe zur Bekämpfung des Rebenmehltaus benutzte. Später wurde auch die insektizide Wirkung der Brühe entdeckt, und von 1900 an gehört die Schwefelkalkbrühe in Amerika mit zu den am häufigsten benutzten Spritzbrühen. Ihrer allgemeinen Verwendung in den kalifornischen Obstbaugebieten hat sie die Bezeichnung „Kalifornische Schwefelkalkbrühe" oder „Kalifornische Brühe" zu verdanken.

Die Wirkung der Schwefelkalkbrühe beruht auf der toxischen Wirkung der durch längeres Zusammenkochen von gemahlenem Schwefel und frisch gebranntem Kalk in Wasser entstehenden Kalziumsulfide und Kalziumpolysulfide. Das zur Erzeugung dieser Verbindungen günstigste Mengenverhältnis zwischen Kalk und Schwefel sieht eine Mischung von Kalk mit der ungefähr doppelten Menge Schwefel vor. Zur Herstellung der Brühe sind zahlreiche Rezepte ausgearbeitet, die sich jedoch wenig voneinander unterscheiden und im allgemeinen das oben genannte Mischungsverhältnis berücksichtigen. Nach der Vorschrift der Agrikulturabteilung der Hamburger Schwefelproduzenten werden 1450 g Schwefelblüte mit 850 g pulverisierten gebrannten Kalk gut gemischt, mit 10 Liter Wasser versetzt und in einem eisernen oder emaillierten Kessel unter häufigem Umrühren und Aufwirbeln des Bodensatzes 45 Minuten lang gekocht, wobei das verdampfende Wasser ständig zu ersetzen ist. Die so gewonnene, gelbrote, klare Stammlösung ist vor Frost und vor Zutritt der Luft geschützt aufzubewahren, bei kleineren Mengen in gut schließenden Glasflaschen, bei größeren Mengen durch Überschichten der Flüssig-

keit mit einer Ölschicht. Vor dem Gebrauch ist die mit Öl überschichtete Stammlösung unten abzulassen oder herauszuhebern. Die Stammlösung ist zur Sommerbehandlung im Verhältnis 1 : 35, zur Winterbehandlung im Verhältnis von 1 : 2—5 mit Wasser zu verdünnen. — Die Hauptbestandteile der Brühe sind Kalziumtetrasulfid (CaS_4) und Kalziumpentasulfid (CaS_5), deren Bildung durch Zugabe von etwas Natronlauge beschleunigt werden kann. Da durch längeres Kochen die Polysulfide unter Bildung von Schwefel und Schwefelwasserstoff zerfallen, ist die in den Vorschriften angegebene Siededauer nicht zu überschreiten und bei Auftreten eines deutlichen Schwefelwasserstoffgeruches und beim Farbumschlag der kochenden gelbroten Lösung ins Grünliche ist das Kochen sofort abzubrechen. Verunreinigungen des Kalkes durch Magnesium begünstigen den Zerfall der Polysulfide. Das bei der Umsetzung entstehende Kalziumthiosulfat (CaS_2O_3) zerfällt bald in unlösliches Kalziumsulfit ($CaSO_3$) und freien Schwefel, von denen ersteres den Hauptbestandteil des olivgrünen, außerdem noch Kalziumhydroxyd ($Ca(OH)_2$) und Kalziumkarbonat ($CaCO_3$) enthaltenden Niederschlages bildet. Die Menge des Bodensatzes nimmt nach Fulmek[1]) zu bei Verunreinigungen von Kalk und Schwefel, bei Überschuß eines der beiden Stoffe, bei Verminderung der Wassermenge oder bei zu langem Kochen (Bildung von Sulfiten). Verfahren zur Untersuchung und Bestimmung des Gehaltes an Polysulfiden sind von Wöber[2]) und Jones[3]) ausgearbeitet worden.

Zur Prüfung der Schwefelkalkbrühe und zur Berechnung der zur Verdünnung der Stammlösung notwendigen Wassermengen bedient man sich im allgemeinen der Araeometer (Bauméspindel, Hydrometer). Die nach den verschiedenen Vorschriften hergestellten Brühen haben eine Dichte von 20—35° Baumé (Bé). Zur Vereinheitlichung bezeichnen die Hamburger Schwefelproduzenten eine Schwefelkalkbrühe von 20° Bé, wie sie nach der Hamburger Vorschrift erhalten wird, als „Normalbrühe". Die großen Unterschiede in der Dichte der einzelnen Handelspräparate hat es in Amerika notwendig gemacht, vor jeder Anwendung die Dichte der Stammlösung mit dem Hydrometer festzustellen und mit Hilfe einer beigegebenen Tabelle nach den festgestellten Baumégraden die für eine Sommer- oder Winterbehandlung oder für besonders widerstandsfähige Schädlinge oder ganz empfindliche Pflanzen notwendige Verdünnung der Stammlösung mit Wasser abzulesen.

---

[1]) Fulmek, L.: Die Schwefelkalkbrühe. Mitteilung der K. K. Pflanzenschutzstation Wien.

[2]) Wöber, A.: Zeitschrift für angew. Chemie, 1921, Bd. 34, S. 73.

[3]) Jones, C. P.: Journal of. Agric. Research., 1923, Vol. 25, S. 323.

Die Umständlichkeit der Herstellung der Schwefelkalkbrühe durch Kochen führte in den Jahren 1907—1909 im United States Department of Agriculture zur Ausarbeitung von Rezepten, die die Herstellung sog. „self-boiled lime sulfur" ohne Kochen gestatten. Bei ihnen wurde die beim Löschen von gebranntem Kalk entstehende Wärme als Wärmequelle benutzt. Nach Quaintance und Siegler[1]) werden 3,6 kg Kalziumoxyd durch Zugabe von etwas Wasser langsam gelöscht, während des Löschens unter ständigem Umrühren mit 3,6 kg feingemahlenem Schwefel versetzt, und dann wird durch weitere Zugabe von Wasser der Löschprozeß langsam beendet; die Mischung wird mit Wasser auf 250 Liter Spritzbrühe aufgefüllt. Da sich bald nach der Herstellung (15—20 Minuten) laubschädigende Verbindungen bilden, muß die Brühe sofort verspritzt werden. Beim Einfüllen in die Spritzapparate ist die Brühe gut zu sieben, um Verstopfungen der Spritzdüsen zu vermeiden. Im Vergleich zu der durch Kochen hergestellten Schwefelkalkbrühe zeigt die „self-boiled" Schwefelkalkbrühe als Nachteile eine geringere Wirksamkeit, geringere Haltbarkeit und leichte Verstopfung der Spritzapparate; infolge ihrer geringen laubschädigenden Wirkung ist sie jedoch in Amerika als Sommerspritzmittel vielfach zur Anwendung gekommen.

Da die Schwefelkalkbrühe Kupfer angreift, sind zur Verspritzung nur Messingspritzen oder verzinnte oder verbleite Kupferspritzen zu verwenden. Auch auf die menschliche Haut wirkt die unverdünnte Stammlösung stark ätzend; Arbeiter, die größere Mengen Schwefelkalkbrühe herstellen, müssen daher beim Kochen sich vor Spritzern (Einreiben der Hände mit Vaseline, Schutzbrillen) und Schwefeldämpfen schützen.

Anwendung findet Schwefelkalkbrühe als Winter- und Frühjahrsbehandlung (vor dem Austrieb der Knospen) zur Bekämpfung von Schildläusen, Blattläusen, Psylla, Blutlaus, Spinnmilben und Gallmilben, weiterhin als Frühjahrs- und Sommerbehandlung gegen bestimmte, durch Pilze verursachte Krankheiten, wie Kräuselkrankheit des Pfirsichs, Braunfleckenkrankheit der Tomate, amerikanischen Stachelbeermehltau, Rosen- und Hopfenmehltau und andere Mehltaupilze und als Winterbehandlung zur Bekämpfung von Moosen und Flechten an Baumstämmen.

Die Wirkungsweise der Brühe ist noch unbekannt. Nach Wardle und Buckle beruht die Wirkung auf der großen Affinität der Polysulfide zum Sauerstoff, der den Schädlingen entzogen wird. Außerdem tritt bei den tierischen Schädlingen sicherlich noch eine ätzende Wirkung hinzu. Zur Erklärung der fungiziden Wirkung wird im allgemeinen die den Polysulfiden eigene Fähigkeit der Schwefelabscheidung als Ur-

[1]) Quaintance und Siegler: U. S. Dep. of. Agric. Farmers Bull. 908.

sache angenommen. Die Theorien, die zur Erklärung der Giftwirkung des Schwefels aufgestellt sind, finden auf S. 275 Erwähnung. Nach amerikanischen Versuchen sollen die Kalziumpolysulfide sich in den eintrocknenden Spritztröpfchen bald zersetzen, und die Spritzflecken sollen neben Kalziumkarbonat und Kalziumthiosulfat noch Kalziumsulfat, Kalziumsulfid und Schwefel enthalten, denen die fungizide Giftwirkung zugeschrieben wird.

Für die Verwendung der Schwefelkalkbrühe im Kleinbetrieb ist die Selbstherstellung zu umständlich und nicht lohnend. Hier sind die Handelspräparate am Platze, die auch in Deutschland von zahlreichen Firmen [1]) hergestellt werden. In England hat das Ministry of Agriculture and Fisheries (Leaflet 363) für die handelsmäßig vertriebenen Schwefelkalkbrühpräparate amtliche Richtlinien aufgestellt, nach denen die Präparate nur aus Schwefel, Kalk und Wasser hergestellt, die käuflichen Lösungen bei 15° C ein spezifisches Gewicht von nicht weniger als 1,3 besitzen und frei von Suspensionen und in allen Verdünnungen klar sein sollen. In Amerika waren bis zum Kriege die selbsthergestellten Schwefelkalkbrühen allgemein im Gebrauch, neuerdings haben aber auch hier, besonders in kleineren Wirtschaften, die Handelspräparate Eingang und weitere Verbreitung gefunden. Die Handelspräparate sind dort zum Teil in flüssiger Form, zum Teil als trockene Pulver (Schwefelkalkpulver) im Verkehr. In Italien wird die Schwefelkalkbrühe vielfach aus den Kalziumpolysulfiden des Gasreinigungsschwefels gewonnen.

Zur Steigerung der Wirkungsweise sind besonders in Amerika einerseits Zusätze von Kalziumkaseinat und Saponin, andererseits Kombinationen der Schwefelkalkbrühe mit Bleiarseniat und Nikotin gebräuchlich. Eine gemeinsame Verwendung mit Seife ist wegen der Ausfällung von Kalkseifen oder eine Kombination mit Schweinfurtergrün-Präparaten wegen der Bildung löslicher Arsenverbindungen nicht möglich. Der Ersatz eines Teiles des Kalkes durch Natriumchlorid führte zu einer, von Hollrung ebenfalls als „Kalifornische Brühe" bezeichneten Spritzflüssigkeit, die neben Kalzium- auch Natriumpolysulfide enthält. Auch die Mischung von Kupferkalkbrühe und Schwefelkalkbrühe im Verhältnis von 1 : 1 wurde in Amerika als sog. „Oregonbrühe" verwandt, die eine gute Haftfähigkeit zeigte, jedoch in ihrer insektiziden Wirkung gegen die San José Schildlaus der reinen Schwefelkalkbrühe nicht gleichwertig war

[1]) Agrikulturabteilung der Schwefelproduzenten, Hamburg; Agraria, Dresden; P. Hauber, Dresden-Tolkewitz; O. Hinsberg, Nackenheim a. Rh.; L. Webel, Mainz; Nördlinger, Flörsheim; Schacht, Braunschweig; W. Teller, Magdeburg; Stähler, Erbach a. Rh. u. a.

und daher wenig Verbreitung fand. Endlich ist während des Krieges in Deutschland als Ersatz der schwer zu beschaffenden Schwefelkalkbrühe eine Kalzium-Sulfhydrat-Brühe (gegen Akarinose der Rebe) angewandt worden.

Ihrer fungiziden und insektiziden Doppelwirkung und ihrer leichten Kombinationsmöglichkeit mit neutralem Bleiarseniat zufolge ist die Schwefelkalkbrühe in Amerika nächst der Kupferkalkbrühe zur wichtigsten Spritzbrühe geworden, die in allen Obstbaugebieten des Ostens und Westens allgemein und regelmäßig benutzt wird. Eine besondere Aufgabe war ihr lange Zeit als Winterbehandlung zur Bekämpfung der San José Schildlaus zugedacht worden, jedoch hat sie gerade gegen diesen wichtigsten Schädling nicht alle Erwartungen erfüllen können und ist, besonders in den Weststaaten, zum Teil durch die wirksameren Ölemulsionen verdrängt worden. In Deutschland wurde die Schwefelkalkbrühe in größerem Umfange 1926 zur Bekämpfung des Apfelsaugers (Psylla mali) in den Obstbaugebieten an der Unterelbe verwandt, doch ist sie auch hier von Obstbaumkarbolineen in ihrer Wirkung übertroffen worden.

Kaliumpolysulfid oder Schwefelleber ist als gelbgrünliche Masse im Handel und enthält außer Kaliumsulfid (K_2S) noch Kaliumpentasulfid (K_2S_5). Aus Schwefelleber hergestellte Lösungen zeigen eine ähnliche fungizide und insektizide Wirksamkeit wie die Schwefelkalkbrühe und haben daher als Spritzmittel im Pflanzenschutz Anwendung gefunden.

Die Wirkung der Schwefelleber-Lösungen beruht nach der allgemeinen Auffassung auf der ätzenden Wirkung der Sulfide, zum Teil auch auf chemischen Umsetzungen in den einzelnen Spritztröpfchen, bei denen Schwefelwasserstoff sich bildet und freier Schwefel ausfällt. Als Pflanzenschutzmittel geeignete Schwefelleber-Präparate sollen nach den vom englischen Ministry of Agriculture and Fisheries (Leaflet 363) aufgestellten Richtlinien ohne größere Verunreinigungen aus Kalisalzen, in Hauptsache aus Kalisulfiden bestehen; ein Ersatz des Kaliums durch das billigere Natrium ist unstatthaft. Weiter sollen die Präparate nicht weniger als 42 Proz. und nicht mehr als 45 Proz. Schwefel enthalten.

Anwendung finden die Schwefelleber-Lösungen zur Bekämpfung pilzlicher Schädlinge, insbesondere der Mehltaupilze, als vorbeugende Spritzmittel in 0,2—0,4proz. Lösung bei Sommerbehandlung und in 3 bis 5proz. Lösung als Winterbehandlung, ferner als Insektizid zur Bekämpfung von Spinnmilben, Schildläusen und anderen weichhäutigen Insekten in ähnlichen Konzentrationen. Die Verspritzung darf nur aus Messing- oder verbleiten Spritzen ausgeführt werden. Auch Gummiteile sind an

den Spritzen wegen der stark ätzenden Wirkung zu vermeiden. In der Wirkung stehen die Schwefelleber-Lösungen der Schwefelkalkbrühe nahe, doch haben sie wegen ihrer laubschädigenden Eigenschaften, ihrer geringen Haftfähigkeit (Regenbeständigkeit), die man durch Zusatz von Mehlkleister zu erhöhen suchte, um dadurch die Wirkung zu steigern, keine größere Verbreitung gefunden.

Natriumpolysulfide und Ammoniumpolysulfide werden, ähnlich wie das Kaliumpolysulfid, als Ersatz der Schwefelkalkbrühe zur Bekämpfung von Mehltaupilzen und weichhäutigen Insekten benutzt. In Amerika hat insbesondere Natriumpolysulfid zur Winterbekämpfung als käufliches Pulver unter dem Namen „Soluble sulphur" und als käufliche Flüssigkeit unter der Bezeichnung „Sulphocide" Verwendung gefunden. Zur Selbstherstellung werden nach Wardle und Buckle (1923) 450 g Ätznatron und 775 g Schwefel auf 2,25 Liter heißes Wasser genommen und die Stammlösung nach einigem Stehen mit der 8fachen Menge Wasser verdünnt. Den aus Natrium- und Ammoniumpolysulfid bereiteten Spritzlösungen haften die gleichen Mängel (Neigung zu Blattverbrennungen, Regenunbeständigkeit) an wie der Kaliumpolysulfidlösung; sie haben daher keinen Ersatz für die Schwefelkalkbrühe bieten und keine größere Bedeutung erlangen können.

Bariumpolysulfid entsteht durch Zusammenkochen von Bariumsulfid mit Schwefel in Wasser; es bildet sich Bariumpentasulfid, das in Bariumtetrasulfid und freien Schwefel zerfällt. Nach Wardle und Buckle sind zur Herstellung einer Bariumpolysulfidlösung 4,5 kg Bariumsulfid und 14,5 kg Schwefel auf 180 Liter Wasser zu nehmen. In Deutschland werden Bariumpolysulfide in Gestalt des von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen bei Köln a. Rh., hergestellten Handelspräparates „Solbar" viel benutzt, eines grauen Pulvers, das sich unter Bildung eines schwarzen Niederschlages leicht in Wasser zu einer gelben Spritzflüssigkeit löst und als Sommerspritzung 1proz., als Winterspritzung 3—5proz. zu verwenden ist. Zur Verspritzung sind kupferne Spritzapparate zu vermeiden. Solbar, dessen Giftwirkung auf ätzende Wirkung der Polysulfide und auf Bildung von freiem Schwefel zurückgeführt wird, ist zur Bekämpfung von Spinnmilben und Mehltaupilzen erfolgreich verwandt worden.

Schwefelsäure und Sulfate. Verdünnte Schwefelsäure und Lösungen einiger schwefelsaurer Salze haben für die Unkrautbekämpfung in Kulturflächen, insbesondere zur Bekämpfung des Hederichs und Ackersenfs in Getreidefeldern und auf Wiesen, große Bedeutung gefunden. Die Bekämpfung wird dadurch ermöglicht, daß einmal bei den Unkräutern

die breiten, wagrecht stehenden Blätter mehr von den Spritzlösungen auffangen, als die schwer benetzbaren, schmalen, senkrecht stehenden Blättchen der Getreidepflanzen, und daß weiterhin die Blätter der Gramineen durch ihre derbe Kutikula weniger empfindlich sind gegenüber der osmotischen Wirkung der Mittel. Die Bekämpfung wird durchgeführt, wenn die Hederich- und Ackersenfpflänzchen 3—5 Blätter entwickelt haben. Auch an den Getreidepflanzen treten häufig leichte Schädigungen auf, die jedoch nach 10 Tagen völlig wieder ausgeglichen sind. Bei Kulturen von Kartoffeln, Rüben, Luzerne, Lupine, Bohne und Buchweizen ist wegen der Empfindlichkeit dieser Kulturpflanzen eine Unkrautbekämpfung mit Hilfe dieser Mittel nicht durchzuführen.

Schwieriger als Hederich und Ackersenf sind in den Getreidefeldern Kornblume, Kornrade, Mohn und Distel mit Schwefelsäure und Sulfatlösungen zu bekämpfen, doch ist wiederholt auch bei ihnen, wie auch bei Vogelmiere und Sauerampfer, die Bekämpfung mit diesen Mitteln mit einigem Erfolge durchgeführt worden. Gegen Flughafer sind diese Mittel nicht anzuwenden. Man gebraucht im allgemeinen 600—1000 Liter pro ha. Die Spritzlösungen werden mit fahrbaren Hederichspritzen (vgl. S. 173) verspritzt, die eine Tagesarbeit von 7—8 ha leisten. Warmes, trockenes Wetter begünstigt die Wirkung der Mittel, deren Anwendung zu wiederholen ist, wenn nach der Bespritzung Regenfälle den Spritzbelag abgewaschen haben.

Die Schwefelsäure, die besonders in Frankreich viel Verwendung gefunden hat, wird in 5proz. Verdünnung gegen empfindliche Unkräuter (Hederich, Ackersenf), in 10proz. Verdünnung gegen weniger empfindliche Unkräuter empfohlen. In Deutschland wird dem Eisensulfat der Vorzug gegeben, das in 20proz. Lösung zur Anwendung kommt. Der Eisenvitriollösung kann in Haferschlägen noch 5 Proz. Manganchlorid zugesetzt werden, um neben der Hederichbekämpfung zugleich die Bekämpfung der Dörrfleckenkrankheit des Hafers zu ermöglichen. Auch zur Bekämpfung der Kleeseide ist eine 20proz. Eisensulfatlösung benutzt worden; die Kleepflanzen werden zwar durch die Behandlung sehr geschädigt, sie schlagen jedoch bald wieder aus, so daß immer noch ein Gewinn zu verzeichnen sein soll. Neben Eisensulfat hat Ammoniumsulfat in 25proz. Lösung Anwendung gefunden; die Ammoniumsulfatlösung ist zwar weniger wirksam, schädigt jedoch die Getreidepflanzen nicht so stark und hat noch als Düngemittel den Vorteil der Ertragssteigerung.

In den letzten Jahren sind Schwefelsäure und Sulfatlösungen vielfach durch ätzende Düngemittel (Kainit, Kalkstickstoff) ersetzt worden, die als Streumittel (vgl. S. 289) angewandt werden, jedoch nicht an die Wirkung

der Schwefelsäure und der schwefelsauren Salze heranreichen. Gegen Unkräuter auf Wegen haben sich außer einigen Streumitteln als Spritzmittel noch 2proz. Natriumchloratlösungen (1 Liter je qm, Hersteller: I. G. Farbenindustrie A.-G., Griesheim a. M.) als brauchbar erwiesen.

Welche Bedeutung den Unkrautbekämpfungsmitteln und insbesondere der Schwefelsäure und den schwefelsauren Salzen zukommt, ergibt sich aus der Tatsache, daß der durch Unkräuter verursachte jährliche Schaden z. B. für Frankreich auf eine Milliarde Frank geschätzt wird.

Zur Vereinfachung des zur Bekämpfung der Nematoden angewandten Fangpflanzenverfahrens wird das Vernichten der Fangpflanzen anstatt durch Umackern durch Verspritzen (Hederich-Spritze) einer 30proz. Eisensulfatlösung (800 Liter je ha) empfohlen.

Als fungizides Spritzmittel hat verdünnte Schwefelsäure nach Hollrung (1923 S. 125) versuchsweise zur Bekämpfung des durch Sphaerella fragariae hervorgerufenen Erdbeerblattbrandes (2 Proz. Schwefelsäure vernichtet das befallene Laub; frisch austreibende Blätter sollen gesund bleiben), zur Verhütung der von Leptosphaera herpotrichoides verursachten Fußkrankheit des Getreides (durch Absterben der Blattränder soll Befall verhindert werden) und zur Bekämpfung der Anthraknose der Rebe (4 Proz. als Winterbehandlung) Verwendung gefunden. Als Winterspritzmittel hat sich ferner 2proz. Schwefelsäure (neben 1,2proz. Salpetersäure) gegen den amerikanischen Stachelbeermehltau bewährt.

Arsenhaltige Spritzmittel

Die Verwendung arsenhaltiger Mittel zur Schädlingsbekämpfung ist alt; nach Hollrung sollen die ältesten Angaben über Verwendung von Arsenik zur Getreidebrandbekämpfung auf das Jahr 1740 zurückreichen. Die erste Verwendung eines arsenhaltigen Mittels, des Schweinfurtergrüns, als Insektizid erfolgte jedoch erst im Jahre 1867 bei der Bekämpfung des Koloradokäfers im Staate Michigan. Seit dieser Zeit ist der Gebrauch arsenhaltiger Mittel in der Pflanzenschutzpraxis ständig gestiegen, so daß heute Arsenverbindungen und Arsenpräparate zu den bekanntesten, besten und am meisten gebrauchten Schädlingsbekämpfungsmitteln gerechnet werden.

Von den Arsenverbindungen kommen für die Schädlingsbekämpfung einmal das als weißer Arsenik bekannte Anhydrid der arsenigen Säure, Arsentrioxyd (As_2O_3), sodann die Salze vom Natrium, Kalzium, Kupfer, Blei, Zink und Barium in Betracht. Eine Komplizierung der chemischen Zusammensetzung der Arsensalze ergibt sich einmal durch die drei Modifikationen der Arsensäure bzw. arsenigen Säure als Ortho-, Pyro- und Metasäure, dann noch weiterhin bei teilweisem und vollständigem Ersatz

der Wasserstoffatome dieser Säuren durch das bezügliche Metall durch Bildung von Primär-, Sekundär- und Tertiärsalzen [1]).

Von den Arsensalzen sind die Natrium- und Kaliumsalze wasserlöslich und verursachen daher, als Spritzlösungen verwandt, starke Beschädigungen der behandelten Pflanzen. Wenn auch durch den Zusatz von gelöschtem Kalk die löslichen Arsenverbindungen in unlösliche übergeführt werden können, so haben doch insbesondere die billigen Natriumsalze, abgesehen von einigen Sonderfällen und von der Anwendung als flüssige Arsenköder (s. S. 392), keine Verwendung als eigentliche Spritzmittel gefunden. Um so größer ist die Bedeutung der Kupfer-, Blei- und Kalziumsalze, die auf Grund ihrer nahezu vollständigen Wasserunlöslichkeit die wirksamen Bestandteile der meisten Arsenspritz- und Arsenstäubemittel (s. S. 279) bilden.

Wenn auch eine geringe fungizide Wirkung den Arsenmitteln nicht abgesprochen werden kann, so finden sie doch fast ausschließlich nur Verwendung als Magengift zur Bekämpfung tierischer Schädlinge, insbesondere beißender Insekten. Infolge ihrer Wasserunlöslichkeit müssen sie in feingemahlener oder gefällter Form in Suspensionen, also als Spritzbrühen, angewandt werden. Bei denjenigen Salzen, die keine vollständige Wasserunlöslichkeit zeigen, müssen zur Vermeidung von Pflanzenbeschädigungen durch Zusatz von Kalziumhydroxyd die löslichen Bestandteile in unlösliche Verbindungen übergeführt werden. Durch den Kalkzusatz wird leider auch die Giftwirkung in geringem Maße abgeschwächt. Auch bei ausreichendem Kalkzusatz lassen sich Blattverbrennungen, die häufig durch besonders hohe Empfindlichkeit einzelner Pflanzen, durch Verletzungen (Saug- oder Fraßstellen) an den Blättern und durch hohe Luftfeuchtigkeit begünstigt werden, oft nicht gänzlich vermeiden. Ein gewisser Schutz gegen Verbrennungen soll nach amerikanischen Angaben durch Seifenzusatz bei den wasserlöslichen, durch Kalziumkaseinatzusatz bei den wasserunlöslichen Arsensalzen zu erreichen sein.

Für die Durchführung einer gleichmäßigen Spritzung ist eine gute Schwebefähigkeit der Suspension erforderlich; sie wird in den meisten Fällen dadurch erreicht, daß die Arsenmittel zusammen mit Kupferkalkbrühe (vgl. S. 218) angesetzt und verspritzt werden, wodurch auch zugleich ein hervorragendes Spritzmittel mit fungizider und insektizider Wirkung gewonnen wird. Kann auf die fungizide Wirkung verzichtet werden, so ist eine gleiche Verbesserung der Schwebefähigkeit durch Verwendung von

---

[1]) Ortho-Arsensäure H_3AsO_4 — Ortho-arsenige Säure H_3AsO_3
Pyro-Arsensäure $H_4As_2O_7$ — Pyro-arsenige Säure $H_4As_2O_5$
Meta-Arsensäure $H_2As_2O_6$ — Meta-arsenige Säure $H_2As_2O_4$

Eisensulfat-Kalkbrühe (Herstellung wie Kupferkalkbrühe) möglich. Zur Materialersparnis ist verschiedentlich versucht worden, die Arsenpräparate, insbesondere Arsensulfide, unter Zusatz von Schutzkolloiden in sog. kolloidaler Form anzuwenden (vgl. S. 247).

Für die Giftwirkung der Arsensalze ist nach den bisherigen Erfahrungen allgemein der Gehalt an Arsentrioxyd (As_2O_3) bzw. Arsenpentoxyd (As_2O_5) von ausschlaggebender Bedeutung, während die Art des Metall-Radikals nicht von größerer Wichtigkeit zu sein scheint. Die Art der Giftwirkung und die Nachteile, die eine Arsenverwendung für Pflanzen, Menschen, Haustiere und den Erdboden nach sich ziehen können, sind schon früher (s. S. 125—134) berücksichtigt.

Die hohe Giftigkeit und Gefährlichkeit für den Menschen einerseits und die vorzügliche Brauchbarkeit der Arsenverbindungen zur Schädlingsbekämpfung andererseits haben die Bewertung der Arsenmittel zu einer „Arsenfrage" und einer „Arsenbewegung" anwachsen lassen. Der Ursprungsort dieser Bewegung sind die Vereinigten Staaten von Amerika, wo der jährliche Bedarf an Arsen vor 1900 schon auf 2000 t geschätzt wurde, die damals fast ganz vom Ausland, insbesondere von Deutschland, eingeführt werden mußten. Heute stellen über 30 amerikanische Firmen die Arsenmittel selbst her, und der jährliche Verbrauch an Arsenik in Amerika beläuft sich auf 16 000 t, wovon ungefähr 85 Proz. für die Schädlingsbekämpfung benutzt werden. Für die Verwendung von Arsenmitteln bestehen in Amerika keinerlei Bestimmungen, wohl aber sind gesetzliche Regelungen für die Zusammensetzung der Handelspräparate erlassen, deren Befolgung durch eine Kontrolle der Präparate überwacht wird. In vielen europäischen Staaten hat man im Gegensatz hierzu einerseits den handelsmäßigen Verkehr mit den Mitteln, andererseits auch oft die Anwendung der Mittel gesetzlich geregelt. So waren 1919 in Norwegen nach Fulmek nur Arsenmittel in Pastenform erlaubt, Schweden läßt Bleiarseniat für Pflanzenschutzzwecke nur zu, wenn es mit 5 Proz. Bleichromat verfärbt ist, in England ist eine derartige Denaturierung der Arsenmittel mit Indigo oder Ruß vorgeschrieben, in Deutschland müssen arsenhaltige Pflanzenschutzmittel durch grüne Farbe und durch den Aufdruck „Gift" auf den Packungen kenntlich gemacht sein. In Frankreich ist das seit 1846 bestehende Verbot der Verwendung von Arsenmitteln durch einen im Jahre 1916 erschienenen Erlaß aufgehoben; die Arsenmittel müssen jedoch bestimmte Farb- und Geruchstoffe enthalten und dürfen keine Verwendung finden bei Pflanzungen, die Gemüse als Zwischenkulturen tragen; weiterhin ist die Bekämpfung des Sauerwurmes mit Arsenmitteln gesetzlich verboten. Die Zulassung einer allgemeinen Verwendung der Arsenmittel hat sich in der

Schweiz wegen der Bedenken der schweizerischen Behörden bisher noch nicht durchführen lassen, doch drängt auch dort das Bedürfnis nach den billigen und wirksamen Arsenmitteln nach einer endgültigen Regelung. Für Österreich ist durch Erlaß vom 2. Juni 1925 der Gebrauch der Arsenmittel für bestimmte Pflanzenarten freigegeben; nur dürfen die Arsenmittel bei Obst und sonstigen, zur Ernährung dienenden Nutzpflanzen bloß bis 5 Wochen vor Beginn der Ernte, für Kohl- und Krautarten nur bis 3 Wochen nach dem Auspflanzen der Setzlinge angewandt werden. Das Weiden von Vieh und der Eintrieb von Hühnern in mit Arsenmitteln gespritzte und gestäubte Kulturen ist innerhalb der ersten 8 Wochen nach der Behandlung, in mit Giftködern belegten Feldern innerhalb der ersten 3 Wochen zu unterlassen. In Deutschland bestehen keinerlei gesetzliche Einschränkungen für den Gebrauch von Arsenmitteln zur Schädlingsbekämpfung; es ist lediglich vom Reichsgesundheitsamt und von der Biologischen Reichsanstalt ein Merkblatt zur Verhütung von Unglücksfällen beim Gebrauch arsenhaltiger Mittel veröffentlicht worden[1]), in dem außer allgemeinen Vorsichtsmaßregeln über Aufbewahrung und Anwendung die Verwendung der Arsenmittel für Gemüsekulturen und zur Bekämpfung des Sauerwurmes nach dem 10. August nicht empfohlen und vor der Anwendung des Bleiarseniates gewarnt wird. Die Bedeutung der Arsenmittel für Deutschland ergibt sich aus der Tatsache, daß allein für die Pfalz im Jahre 1925 zur Bekämpfung des Traubenwicklers nach Stellwaag[2]) etwa 500 000 kg Arsenmittel verbraucht worden sind.

Arsentrioxyd oder weißer Arsenik (As_2O_3), das Anhydrid der arsenigen Säure, ist in einer Menge von 1,2—1,3 Proz. bei 13° C wasserlöslich; es verursacht daher starke Blattbeschädigungen und ist in wässerigen Lösungen als Spritzmittel im allgemeinen nicht zu verwenden. Trotzdem sind in den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts verschiedentlich Versuche gemacht worden, frisch bereitete 0,2proz. Arsenikbrühen in Kombination mit Kupferkalkbrühe oder unter Zusatz von Kalk als Spritzmittel zur Bekämpfung beißender Insekten (Koloradokäfer, Heuschrecken, Erdraupen) an weniger empfindlichen Gewächsen (Kartoffel, Gräser) oder an Pflanzen zu verwenden, die nach Art der Fangpflanzen zur Vernichtung der Tiere besonders angebaut wurden. Nach Einführung der unlöslichen Arsensalze in die Pflanzenschutzpraxis werden Arsenikbrühen als Spritzmittel nicht mehr benutzt. Die Bedeutung des Arseniks

[1]) Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922, Nr. 6.

[2]) Stellwaag, F.: Der Gebrauch der Arsenmittel im deutschen Pflanzenschutz. Flugschrift Nr. 11 der Deutschen Gesellsch. f. angew. Entomol., 1926.

für die Schädlingsbekämpfung ist heute nur noch auf das Köderverfahren (s. S. 387) beschränkt.

Kupferazetatarsenit: Die für Deutschland zur Zeit wichtigste Arsenverbindung ist das Kupferazetatarsenit $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3\,Cu(AsO_2)_2$, das in den Deutsch sprechenden Ländern allgemein als „Schweinfurtergrün", in den Französisch und Englisch sprechenden Ländern als „Parisergrün" bekannt ist und in den nordischen Ländern auch wohl als „Kaisergrün" bezeichnet wird. Es wurde in Nordamerika schon in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts als Magengift zur Schädlingsbekämpfung angewandt und war dort Jahrzehnte lang das Standardmittel unter den Arsenpräparaten. Seit 1900 ist ihm diese Vorzugsstellung vom Bleiarseniat streitig gemacht worden. Immerhin betrug im Jahre 1912 der Verbrauch an Schweinfurtergrün allein in der Provinz Ontario 100—120 t, und auch heute noch werden jährlich große Mengen des Mittels in Kanada und den Vereinigten Staaten zur Schädlingsbekämpfung verbraucht. In Deutschland wurde Schweinfurtergrün von Bassermann-Jordan im Jahre 1905 zum ersten Male zur Bekämpfung des Traubenwicklers benutzt; es hat sich in den letzten Kriegsjahren und in der Nachkriegszeit als Ersatz des bis dahin zur Traubenwicklerbekämpfung benutzten, wegen der Kriegsverhältnisse jedoch nicht mehr beschaffbaren Nikotins so bewährt, daß es heute im deutschen Weinbau das Nikotin fast völlig verdrängt hat und auch im Obst- und Feldbau allgemein zur Anwendung gekommen ist (vgl. S. 279).

Schweinfurtergrün enthält etwa 55—58 Proz. arsenige Säure, 30 Proz. Kupferoxyd und 10 Proz. Essigsäure; es entsteht durch Zusammengießen einer heißen Arseniklösung mit einer heißen Kupferazetatlösung. Da das gewöhnliche Schweinfurtergrün einerseits erhebliche Mengen freier arseniger Säure enthalten kann, andererseits einen zur Erreichung der notwendigen Schwebefähigkeit nicht geeigneten Feinheitsgrad besitzt, ist es in dieser Form als Spritzmittel nicht zu verwenden. Die Pflanzenschutzmittelindustrie hat daher besondere Schweinfurtergrün-Präparate mit möglichst geringem Gehalt an wasserlöslicher arseniger Säure und mit hohem Feinheitsgrad hergestellt, die den an ein Spritzmittel zu stellenden Anforderungen in den meisten Fällen genügen. Zur Entfernung der löslichen Verbindungen werden die Präparate ausgewaschen, der Feinheitsgrad wird entweder durch Mahlen oder durch Störung des Fällungsprozesses erreicht. Nach den amerikanischen Vorschriften müssen die für die Schädlingsbekämpfung in Frage kommenden Schweinfurtergrün-Präparate mindestens 50 Proz. an Kupfer gebundenes Arsentrioxyd, höchstens 3,5 Proz. wasserlösliche Arsenverbindungen und keine sonstigen blattschädigenden Beimengungen enthalten. Nach Hollrung ist es weiter-

hin wünschenswert, daß das Verhältnis von Arsentrioxyd zu Kupferoxyd etwa 58 : 30 beträgt. G. Hilgendorff[1]) hat zur Erleichterung der Prüfung von Schweinfurtergrün-Präparaten[2]) eine Normierung vorgeschlagen, nach welcher auf rein analytischem Wege die Beschaffenheit der Präparate zahlenmäßig festgestellt werden kann. Die von Hilgendorff vorgeschlagenen Mindestforderungen sind folgende:

„Schweinfurtergrün soll sich im Sulfurimeter in nicht kürzerer Zeit als 45 Min. absetzen, nicht unter 30 Chancelgrade zeigen und nicht mehr als 1 Proz. Wasser enthalten; in wässeriger Aufschwemmung sollen mindestens 98,5 Proz. ein 6400-Maschen-Sieb durchlaufen. Der Gehalt an As_2O_3 soll zwischen 55 bis 58,6 Proz., an CuO zwischen 30 bis 31,4 Proz. liegen; wasserlösliche arsenigsaure Verbindungen sollen nicht mehr gefunden werden, als 3,5 Proz. As_2O_3 entsprechen. Für eine kurzdauernde Untersuchung an Stellen ohne Gelegenheit für chemische Arbeiten könnte die Bestimmung des Schüttegewichtes zur Beurteilung eines Schweinfurtergrün-Präparates von Nutzen sein. Handelspräparate mit einem Schüttegewicht über 0,5 wären eingehender zu prüfen. Der nach den polizeilichen Vorschriften dem Schweinfurtergrün beizugebende Farbstoff dürfte in Äther nicht löslich sein, auf Jod nicht einwirken und an Gewicht nicht über 0,5 Proz. betragen, da sonst Störungen bei der Prüfung zu befürchten wären."

Zu ihrer Verwendung als Spritzmittel erfordern die Schweinfurtergrün-Präparate den Zusatz der 6—8fachen Menge Kalziumoxyd zur Bindung der freien Säure. Die Präparate werden als Schweinfurtergrün-Kalkbrühe, häufiger jedoch als Schweinfurtergrün-Kupferkalkbrühe angewandt. Die Konzentrationen sind je nach der Widerstandsfähigkeit der Schädlinge und nach der Empfindlichkeit der Pflanze verschieden; für 100 Liter Schweinfurtergrün-Kalkbrühe ist das Verhältnis von Schweinfurtergrün zu frisch gebranntem Kalk (Kalziumoxyd CaO) bei Schädlingen an Pfirsich 60 g: 450 g, an Birne 80 g: 500 g, an Apfel 100—120 g: 700 g, an Reben und Parkbäumen 150—200 g: 1000 g und gegen widerstandsfähige Käfer 200—300 g: 1200 g. Beim Ansetzen sind Schweinfurtergrün-Präparat und Kalk (nach erfolgter Löschung, vgl. S. 249) mit etwas Wasser gut zu einem Brei anzurühren und dann mit Wasser auf 100 Liter Spritzbrühe aufzufüllen. Steht Kalk ($Ca(OH)_2$)

---

[1]) Hilgendorff, G.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 7. Jahrg., 1927, S. 5.

[2]) Von den deutschen Handelsmarken sind als brauchbare Präparate zu nennen: Uraniagrün: Pflanzenschutz G. m. b. H., Konstanz i. B.; Silesiagrün: W. Güttler A. G., Hamburg 11, Ostasienhaus; Fruktusgrün: Gademann & Co., Schweinfurt a. M.; St. Urbansgrün: G. Siegle & Co., Stuttgart; Elafrosin: J. D. Riedel A. G., Berlin-Britz.

zur Verfügung, so ist von ihm die dreifache Menge des gebrannten Kalkes zu nehmen. Die fertige Brühe ist auf ihre Säurefreiheit mittels Reagenzpapier (Phenolphthaleinpapier) zu prüfen und u. U. noch weiter mit Kalk zu versetzen. Wegen der geringen Schwebefähigkeit der Schweinfurtergrün-Kalkbrühen können nur Spritzapparate mit eingebautem Rührwerk zur Verteilung benutzt werden. — Als Beispiel für die Zubereitung der Schweinfurtergrün-Kupferkalkbrühe sei die im Weinbau benutzte Vorschrift angeführt, nach welcher eine Lösung von 1 kg Kupfersulfat in 50 Liter Wasser langsam und unter Umrühren in eine „Lösung" von 120—200 g Schweinfurtergrün und 1,5—2,5 kg Kalziumoxyd in 50 Liter Wasser gegossen wird. Die so entstehende Spritzbrühe ist „schleimig", zeigt eine verhältnismäßig gute Schwebefähigkeit und muß, wenn sie Phenolphthaleinpapier nicht rot färbt, noch weiter mit einem Kalkzusatz versehen werden. Die Haftfähigkeit (Regenbeständigkeit) der Schweinfurtergrün-Kupferkalkbrühe ist im allgemeinen gut, sie kann durch Zugabe von 750 g Schmierseife (zugleich Bekämpfung von Botrytis) noch erhöht werden. Ein Zusatz von 100 g Zucker auf 100 Liter Brühe hält sie für einige Tage gebrauchsfertig.

Die Giftwirkung des Schweinfurtergrüns als insektizides Magengift ist vorzüglich und übertrifft infolge seines hohen Arsengehaltes die Giftwirkung der meisten anderen Arsensalze, insbesondere des Bleiarseniates, erheblich. Durch Kombination des Schweinfurtergrüns mit Kupferkalkbrühe wird die Giftwirkung in geringem, für die praktische Bekämpfung jedoch unbedeutendem Maße herabgesetzt; wichtiger dagegen ist die durch die Kombination entstehende fraßabschreckende Wirkung, die für manche Schädlinge, wie z. B. für den Koloradokäfer, so stark sein kann, daß die Kombination praktisch nicht brauchbar ist. Sollte die Annahme, daß die fraßabschreckende Wirkung auf den Geruch nach Essigsäure zurückzuführen ist, richtig sein, so wäre vielleicht die von W. Kotte[1]) vorgeschlagene Kombination des Schweinfurtergrüns mit einer Magnesiumsulfat-Kalkbrühe (Herstellung wie Kupferkalkbrühe) zur Erhöhung der Schwebefähigkeit als brauchbar anzusehen.

Die Vorzüge der Schweinfurtergrün-Präparate liegen in der guten insektiziden Wirkung, der leichten Anwendbarkeit und der Kombinationsmöglichkeit mit der ebenfalls vorzüglich wirkenden Kupferkalkbrühe, die z. B. im Weinbau eine gleichzeitige Bekämpfung von Traubenwickler und Peronospora, im Obstbau eine solche von Obstmade, Raupen und Fusikladium und im Kartoffelbau eine solche von Insekten (Koloradokäfer) und Phytophthora gestattet. Als Nachteile ist die starke Möglichkeit der

[1]) Kotte, W.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 4. Jahrg., 1925, S. 11.

Blattbeschädigungen, die unbedingte Notwendigkeit des Kalkzusatzes und die Unmöglichkeit der Kombination mit Schwefelkalkbrühe anzuführen. Da das Schweinfurtergrün eines der wirksamsten Arsensalze ist und ihm vor allem auch das für den Menschen besonders giftige Blei fehlt, gehen die Bestrebungen in Amerika dahin, ein Blattverbrennungen ganz ausschließendes, dem Bleiarseniat in dieser Richtung also gleichwertiges Schweinfurtergrün-Präparat herzustellen.

Kupferarsenit oder Scheelesgrün besteht aus den verschiedensten Kupfersalzen der arsenigen Säure ($Cu_2As_2O_5$, $Cu_3As_2O_6$, $CuHAsO_3$) und wurde auf Grund seiner guten Schwebefähigkeit in 0,05—0,1 Proz. Brühe als Ersatz des Schweinfurtergrüns verschiedentlich zur Insektenbekämpfung verwandt; es zeigte aber eine geringere Giftwirkung und größere Wasserlöslichkeit als die Schweinfurtergrün-Präparate und hat sich daher in der Schädlingsbekämpfung nicht durchgesetzt. Seine Anwendung erfolgte als Kupferarsenit-Kalkbrühe oder als Kupferarsenit-Kupferkalkbrühe, die in gleicher Weise hergerichtet werden können, wie die entsprechenden Brühen der Schweinfurtergrün-Präparate.

Kupferarseniat zeigt eine gute insektizide Wirkung, seine allgemeine Verwendung wurde jedoch bisher durch seine laubschädigenden Eigenschaften unmöglich gemacht.

Bleiarseniat wurde zum erstenmal in Massachusetts 1890 zur Schwammspinnerbekämpfung verwandt und hat sich, da es weniger leicht Blattbeschädigungen verursacht und sich unter gewisser Einschränkung mit Schwefelkalkbrühe zusammen verspritzen läßt, besonders im amerikanischen Obstbau durchgesetzt und vielerorts die Standardstellung des Schweinfurtergrüns an sich gerissen (vgl. S. 279).

Zur Schädlingsbekämpfung kommen in erster Linie zwei Salze der Orthoarsensäure (H_3AsO_4) in Frage, und zwar das Dibleiorthoarseniat $PbHAsO_4$ (sekundäres oder saures Bleiarseniat) und das Tribleiorthoarseniat $Pb_3(AsO_4)_2$ (neutrales Bleiarseniat). Seltener sind OH-Gruppen enthaltende, daher als „basisches Bleiarseniat" bezeichnete Bleiarsenverbindungen (z. B. $Pb_3(AsO_4)_2 \cdot Pb(OH)_2 \cdot PbHAsO_4$) verwandt worden. Als allgemein käufliches Handelspräparat wird das saure oder Dibleiarseniat viel benutzt, das auf Grund seines höheren Arsengehaltes (33 Proz. As_2O_5) eine größere insektizide Wirkung zeigt als das neutrale oder Tribleiarseniat (23—25 Proz. As_2O_5). Bleiarseniat kommt als Pulver oder Paste in den Handel und wird auch vielfach vom Praktiker selbst hergestellt. Nach den in den Vereinigten Staaten von Amerika geltenden Gesetzesbestimmungen müssen die Pasten höchstens 50 Proz. Wasser, mindestens 12,5 Proz. Arsenpentoxyd und höchstens 0,75 Proz. wasserlösliches Arsenpentoxyd enthalten. Die gleichen Bestimmungen sind

später auch von anderen Ländern (z. B. Georgien) übernommen worden, während die in England bekanntgegebenen Richtlinien mindestens 14 Proz. Arsenpentoxyd, höchstens 0,5 Proz. wasserlösliches Arsenpentoxyd und Beimengungen nicht über 3 Proz. fordern. Für die Bleiarseniatpulver lauten die gesetzlichen amerikanischen Bestimmungen dahin, daß in ihnen mindestens 30 Proz. Arsenpentoxyd, mindestens 60 Proz. Bleioxyd, weniger als 0,5 Proz. wasserlösliches Arsenpentoxyd, weniger als 0,5 Proz. Arsentrioxyd und weniger als 0,1 Proz. wasserlösliches Arsentrioxyd enthalten sein müssen. In Südafrika muß nach Riehm 1923 der Gesamtarsengehalt sowie der Gehalt an wasserlöslichem Arsen auf den Packungen angegeben sein. — Die Pasten wurden anfangs von den Praktikern vor den Pulvern bevorzugt, da sie leichter mit Wasser anzusetzen waren und ursprünglich einen größeren, durch Schutzkolloide längere Zeit erhaltenen Feinheitsgrad und daher größere Schwebefähigkeit zeigten; heute können die Pulver mit gleichem Feinheitsgrad geliefert werden. Als Nachteile zeigen die Pasten, daß sie vor Frost und Austrocknung geschützt werden müssen und daß sie durch ihren Wassergehalt und durch sorgfältigere Verpackung größere Unkosten verursachen; heute wird daher in Amerika vielfach dem Pulver vor den Pasten der Vorzug gegeben. Auch in Deutschland werden von zahlreichen Firmen Bleiarseniatpräparate [1]) in Pulver- oder Pastenform in den Handel gebracht.

Die Selbstherstellung des Bleiarseniates ist einfach und kann vom Verbraucher selbst durch Zusammengießen einer Lösung von 300 g Natriumarseniat in 50 Liter Wasser mit einer Lösung von 900 g neutralem Bleiazetat in 50 Liter Wasser durchgeführt werden. Das ausfallende Bleiarseniat ist von großer Feinheit, es muß aber, um von etwa vorhandenen pflanzenschädigenden Beimengungen (freie Essigsäure, Natriumazetat usw.) frei zu sein, gewaschen oder mit gelöschtem Kalk versetzt werden. Das durch Zusammengießen einer Bleinitratlösung mit einer Natriumarseniatlösung (150 g $Pb(NO_3)_2$ + 80 g Na_2HAsO_4 + 100 Liter H_2O) ausgefällte saure Bleiarseniat soll nach Hollrung 1923 eine geringere Schwebefähigkeit zeigen als das durch Bleiazetat ausgefällte Tribleiorthoarseniat. Der Feinheitsgrad des ausfällenden Bleiarseniates hängt von der Konzentration der Ursprungslösungen des Bleinitrates und Natriumarseniates ab. Stark konzentrierte Lösungen geben kompakte Präzipitationen von großen Teilchen, die rasch zu Boden sinken, während sehr verdünnte Lösungen feinere Präzipitationen liefern. Erfolgt die Ausfällung des Bleiarseniates in Anwesenheit eines der Natriumarseniatlösung

[1]) Bleiarseniatpräparate liefern u. a. W. Güttler A. G., Hamburg 11, und O. Hinsberg, Nackenheim a. Rh. („Zabulon bleihaltig".)

zugesetzten Kolloides, so bildet sich ein sehr feines, als „kolloidal" bezeichnetes Bleiarseniat. Das Kolloid scheint als Schutzkolloid den Zusammenschluß der feineren Bleiarseniatpartikelchen zu größeren Teilchen zu verhindern. Ein Überschuß von freiem, Blattverbrennungen bewirkenden Blei ist durch Überwachung der Reaktion mit Jodkaliumpapier zu vermeiden.

Die Verwendung des Bleiarseniats als Spritzflüssigkeit erfolgt als einfache Bleiarseniatbrühe, häufiger jedoch als Bleiarseniat-Kupferkalkbrühe. Zur Herstellung von 100 Liter Spritzflüssigkeit werden in der Regel 500 g des Bleiarseniatpulvers oder 1000 g der Bleiarseniatpaste verwendet. Zur Bekämpfung widerstandsfähiger Schädlinge kann eine Konzentrationssteigerung von $^1/_2$—2 Proz. erfolgen. Das saure Bleiarseniat ist labiler als das neutrale; es neigt daher sehr leicht zu Verbrennungen und sollte nur zusammen mit der gleichen Menge Ätzkalk als Bleiarseniatkalkbrühe oder in Kombination mit Kupferkalkbrühe benutzt werden. Zur Erhöhung der Schwebe- und Benetzungsfähigkeit sind den fertigen Bleiarseniatbrühen verschiedentlich Kalziumkaseinat, Leim oder Gelatine zugesetzt worden. Durch Zusatz von Melasse hat man versucht, die auch bei Bleiarseniatbrühen beobachtete fraßabschreckende Wirkung aufzuheben. — Sehr wichtig, aber auch sehr viel umstritten ist die Frage nach der Kombinationsmöglichkeit des Bleiarseniates mit der Schwefelkalkbrühe. Nach den bisherigen Erfahrungen ist nur das weniger wirksame neutrale Bleiarseniat ohne Bedenken mit Schwefelkalkbrühe zu mischen. Die Kombination des sauren Bleiarseniates, also des gewöhnlichen Handelspräparates, ist nach Ansicht vieler amerikanischer Autoren abzulehnen, da durch die Polysulfide Bleisulfid und lösliche Arsenverbindungen entstehen, die Pflanzenschädigungen verursachen. Nach Versuchen von Thatcher und Streeter[1]) sollen 60 Proz. des sauren Bleiarseniates durch die Polysulfide zersetzt werden. Durch Kalküberschuß oder durch Kaseinzusatz soll nach Ansicht anderer Autoren diese Zersetzung so weit gehemmt werden können, daß sich eine Kombination auch zwischen dem sauren Bleiarseniat und der Schwefelkalkbrühe ermöglichen läßt. Immerhin ist schon die Kombinationsmöglichkeit zwischen dem neutralen Bleiarseniat und der Schwefelkalkbrühe wichtig, da Bleiarseniat auf Grund seiner fast völligen Wasserunlöslichkeit auch bei den empfindlichsten Pflanzen angewandt werden kann und außer Kalziumarseniat das einzige Arsensalz ist, das für eine Kombination mit Schwefelkalkbrühe überhaupt in Frage kommt.

Mit Kupferkalkbrühe und Nikotin ist Bleiarseniat häufig, mit Ölemulsionen und Seifenzusatz als neutrales Bleiarseniat gelegentlich zusammen

[1]) Thatcher und Streeter: Proc. New York State Hort. Soc., 1924, 69, S. 50.

verspritzt worden. Durch die Kombination mit Schwefelkalkbrühe und Kupferkalkbrühe wird die Giftwirkung des Bleiarseniats etwas herabgesetzt, so daß eine geringe Erhöhung der Bleiarseniatmenge zweckmäßig ist. Eine erhöhte Haftfähigkeit und eine Minderung der fraßabschreckenden Wirkung soll durch Zusatz von Bleioleat zu erreichen sein [1]).

Die insektizide Wirkung [2]) des Bleiarseniates ist 3—6mal schwächer als die des Schweinfurtergrüns, je nachdem man das wirksame saure oder das weniger wirksame neutrale Bleiarseniat verwendet. Trotzdem hat das Bleiarseniat besonders in Amerika auf Grund seiner besseren Schwebefähigkeit und Haftfähigkeit, seiner Kombinationsmöglichkeit mit Schwefelkalkbrühe und seiner größeren Gefahrlosigkeit den behandelten Pflanzen gegenüber vor dem Schweinfurtergrün einen großen Vorsprung gewonnen und ist zum Standardmittel für Arsenpräparate geworden. Insbesondere das neutrale Bleiarseniat ist auf Grund seiner Wasserunlöslichkeit zur Behandlung sehr empfindlicher Pflanzen selbst in 1—2 Proz. Konzentration zu verwenden, wo Schweinfurtergrün-Präparate und oft auch das saure Bleiarseniat nicht zu benutzen sind. Als großen Nachteil besitzen die Bleiarseniate jedoch in ihrem Bleigehalt einen Bestandteil, der nach den bisherigen Erfahrungen für die Giftwirkung auf die Schädlinge gänzlich ohne Belang zu sein scheint, der jedoch eine starke Gefährdung der Gesundheit des Menschen und der Haustiere durch Genuß gespritzter Pflanzenteile in sich birgt. Das Blei hat im Gegensatz zum Arsen eine akkumulierende Giftwirkung, d. h. es wird nicht durch die Nieren ausgeschieden, sondern sammelt sich im Körper an. Bleivergiftungen sind wegen ihres schleichenden Charakters nur schwer als solche zu erkennen und, wie die Erkrankungen der in der Bleiindustrie beschäftigten Arbeiter gezeigt haben, schwer zu heilen. Es ist daher verständlich, daß eine Allgemeinverwendung des Bleiarseniates an Gemüse, an Obst und an Wein bis zur Ernte nicht erwünscht erscheint und auch in vielen Staaten entweder verboten oder durch amtliche Richtlinien oder Merkblätter als gesundheitsgefährdend bezeichnet ist (vgl. S. 129 und 237).

---

[1]) Van Leeuven und van der Meulen: Journal of econ. Entomology, 1925, Vol. 18, S. 744.

[2]) Über die Wirksamkeit des Bleiarseniates gegenüber Schweinfurtergrün liegen Angaben vor u. a. von Wilson und Fluke: Wisconsin, Bull. 366; Herrmann: Zeitschrift für angew. Entomologie, 1921, Bd. 8, Heft 1; Krieg: Der deutsche Weinbau, 5. Jahrg., 1926, Nr. 21; Fulmek: Verh. der Deutschen Gesellschaft für angew. Entomologie, 1918, Berlin 1919; Sajo: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, 1908, S. 173. Auch in eigenen Versuchen konnte der Verfasser wiederholt die Überlegenheit der Schweinfurtergrün-Präparate gegenüber den Bleiarseniaten feststellen (vgl. S. 146).

Bleiarsenit $Pb_3As_2O_6$ entsteht durch Zusammengießen zweier getrennter Lösungen von 60 g Natriumarsenit und 320 g Bleiazetat in einer Gesamtwassermenge von 100 Litern. In seiner Wirkungsweise auf beißende Insekten übertrifft es das Bleiarseniat und ist auch in 0,2 Proz. Aufschwemmung wiederholt angewandt worden, hat aber wegen seiner laubschädigenden Eigenschaften keine allgemeine Verbreitung im Pflanzenschutz gefunden.

Kalziumarseniat $Ca_3(AsO_4)_2$ ist von den drei wichtigsten Arsenbekämpfungsmitteln: Kupferazetatarsenit, Bleiarseniat und Kalziumarseniat das jüngste, das jedoch seit 1915 in steigendem Maße Verbreitung gefunden hat. Seine Hauptverbreitung findet es als Stäubemittel, jedoch auch als Spritzmittel ist es vielfach zur Anwendung gekommen.

Kalziumarseniat ist verhältnismäßig wasserunlöslich und zeigt eine gute Schwebefähigkeit. In seiner Giftwirkung übertrifft es die Bleiarseniate und kommt den Schweinfurtergrün-Präparaten nahe, zu deren Ersatz es auch oft wegen seiner Billigkeit Verwendung gefunden hat. Es kommt als Paste oder als Pulver in den Handel, von denen im allgemeinen die Pulverform bevorzugt wird. Nach den in den Vereinigten Staaten geltenden gesetzlichen Bestimmungen müssen die pulverförmigen Kalziumarseniatpräparate einen Mindestgehalt von 40 Proz. Arsenpentoxyd enthalten und dürfen einen Höchstgehalt von 0,75 Proz. wasserlöslichem Arsenpentoxyd nicht überschreiten. Der Arsenpentoxydgehalt der Pasten beträgt im allgemeinen 17—20 Proz. (vgl. S. 280).

Die Selbstherstellung des Kalziumarseniates aus gebranntem Kalk und Natriumarseniat ist billig und einfach durchzuführen und wird daher in Amerika dem Praktiker empfohlen. Zur Selbstherstellung werden 25 kg frisch gebrannter Kalk in einem Faß mit einer wäßrigen heißen Lösung von 45 kg Natriumarseniat gelöscht und die Brühe mit Wasser auf 120 Liter aufgefüllt. Das bei der Reaktion entstehende pflanzenschädigende Natriumhydroxyd muß durch mehrmaliges Auswaschen entfernt werden.

Verwendung findet Kalziumarseniat als einfache Kalziumarseniatbrühe oder in Kombination mit Kupferkalkbrühe oder Schwefelkalkbrühe. Zur Herstellung einer 100 Liter Kalziumarseniatbrühe werden im allgemeinen 150 g des Pulvers oder 400 g der Paste benötigt; der Brühe wird weiterhin zur Bindung wasserlöslicher Arsenverbindungen noch gelöschter Kalk zugesetzt. Bei der Kombination des Kalziumarseniates mit Kupfer- oder Schwefelkalkbrühe ist eine besondere Kalkzugabe nicht erforderlich.

Trotz seiner Billigkeit und seiner guten Wirksamkeit auf die Schädlinge hat das Kalziumarseniat doch das im Preise höher stehende und in

der Giftwirkung geringere Bleiarseniat nicht verdrängen können, da es infolge seiner leichten Blattbeschädigungen an empfindlichen Pflanzen, insbesondere an Steinobst, nicht zu verwenden ist.

Kalziumarsenit von der Formel $Ca_3(AsO_3)_2$ (Trikalziumorthoarsenit) ist das am wenigsten wasserlösliche Kalziumsalz der arsenigen Säure; trotzdem zeigt es noch eine solche Wasserlöslichkeit, daß es als Kalziumarsenitbrühe nur mit Kalkzuschuß und bloß bei wenig empfindlichen Pflanzen angewandt werden kann. Seine Selbstherstellung aus weißem Arsenik (40—80 g) und gebranntem Kalk (600 g auf 100 Liter Wasser) oder aus Arsenik und Soda ist in Amerika den Praktikern vielfach empfohlen worden. Kalziumarsenit zeigt eine gute insektizide Wirksamkeit, kann mit Kupferkalkbrühe und Schwefelkalkbrühe kombiniert werden, hat aber, da es noch leichter zu Verbrennungen neigt wie Kalziumarseniat und die Schweinfurtergrün-Präparate, trotz seiner Billigkeit das Schweinfurtergrün nicht ersetzen können und wird heute als Spritzmittel kaum noch angewandt. Eine gewisse Bedeutung kommt ihm auf Grund seiner Billigkeit nur noch bei der Verwendung als Ködergift (vgl. S. 387) zu.

Londoner Purpur ist ein Abfallprodukt der Anilinfabrikation und enthält hauptsächlich Kalziumarsenit und Kalziumarseniat. Es wurde unter Zusatz von Kalk wegen seiner Billigkeit als Ersatz des Schweinfurtergrüns benutzt, wird aber wegen seiner schwankenden Zusammensetzung, seines Gehaltes an wasserlöslichen Arsenverbindungen und der daraus sich ergebenden Laubverbrennungen heute nur noch selten gebraucht.

Zinkarsenit $Zn(AsO_2)_2$ (Zinkmetaarsenit) enthält etwa 40 Proz. Arsentrioxyd, übertrifft Bleiarseniat an Wirksamkeit, kommt aber wegen seiner laubschädigenden Eigenschaften nur für weniger empfindliche Pflanzen (Kartoffel) in Frage und wird als Zinkarsenit-Kalkbrühe oder in Kombination mit Kupferkalkbrühe angewandt. Es ist in Amerika in Pulver- und Pastenform im Handel. Die zur Herstellung von 100 Liter Spritzbrühe benötigte Menge Zinkarsenit beträgt 150 g des Pulvers oder 300 g der Paste. Zinkarsenit hat wegen seiner Billigkeit verschiedentlich als Ersatz des Schweinfurtergrüns an weniger empfindlichen Pflanzen Verwendung gefunden.

Zinkarseniat, $ZnHAsO_4$, ist in Amerika gelegentlich der Schwammspinnerbekämpfung als Zinkarseniat-Kalkbrühe und in Europa versuchsweise auch gegen andere Schädlinge benutzt worden; es hat aber wegen seiner Neigung zu Laubbeschädigungen keinerlei Bedeutung für die Praxis gefunden.

Von den bariumhaltigen Arsenverbindungen sind sowohl Bariumarseniat als auch Bariumarsenit versuchsweise zur Verwendung gekommen. Nach Hollrung ist in den Vereinigten Staaten ein als „weißes Arsenoid" bezeichnetes Bleiarsenit im Handel; in Deutschland soll nach E. Vogt 1926 das Arsenpräparat „Zabulon bleifrei" der Firma O. Hinsberg, Nackenheim a. Rh., aus Bariumarseniat bestehen. Über den Wert der Bariumarsenverbindungen als Schädlingsbekämpfungsmittel liegen zur Zeit noch wenig Erfahrungen vor.

Arsensalze des Natriums und Kaliums. Die wasserlöslichen Arsensalze des Natriums und Kaliums kommen wegen ihrer stark laubschädigenden Eigenschaften als Spritzmittel nur dort in Frage, wo auf die Erhaltung der Pflanzen kein Wert gelegt zu werden braucht oder eine vorübergehende Schädigung der Pflanzen nicht ins Gewicht fällt (Bekämpfung von Heuschreckenschwärmen in Steppen). Auch an sehr widerstandsfähigen Kulturpflanzen ist hin und wieder die Verwendung von stark verdünntem Natriumarsenit- und Natriumarseniatlösungen, oft unter Zusatz von Kalk, versuchsweise durchgeführt worden, wobei u. a. auch eine gewisse fungizide Wirksamkeit der Natriumarseniatlösung auf Mehltaupilze beobachtet wurde. Zur Winterbekämpfung des Springwurmes (Oenophthira pilleriana) sind auch unbelaubte Rebstöcke gelegentlich mit Natriumarsenitlösungen bespritzt worden, um die in den Schlupfwinkeln der Rinde sitzenden Räupchen zu vernichten. Für die Praxis kommen die Natrium- und Kaliumarsensalzlösungen als eigentliche Spritzmittel jedoch nicht in Frage, die Hauptbedeutung insbesondere der billigen Natriumarsensalze für den Pflanzenschutz liegt vielmehr in ihrer Brauchbarkeit als Arsenködermittel (S. 387), außerdem bilden die Natriumarsensalze in den meisten Fällen das Ausgangsmaterial für die Herstellung der wasserunlöslichen Arsenpräparate.

Arsensulfide: Sowohl das als Realgar bezeichnete Arsendisulfid As_2S_2 als auch das als Auripigment bezeichnete Arsentrisulfid As_2S_3 und das Arsenpentasulfid As_2S_5 sind, zum Teil in der Form von kolloidalem Arsensulfid, als Pflanzenschutzmittel im Handel vertrieben worden; sie haben jedoch wegen ihrer laubschädigenden Wirkungen keine weitere Anwendung in der Praxis gefunden.

Verschiedene Spritzmittel

Bleichromat, $PbCrO_4$, wird besonders in Indien an Stelle der giftigeren Arsenmittel als Spritzmittel zur Insektenbekämpfung verwandt. Es ist als Paste oder als Pulver im Handel, auch wird die Selbstherstellung aus Bleiazetat oder Bleinitrat und Kaliumbichromat empfohlen. Es ist wasserunlöslich, zeigt besonders in frisch gefälltem Zustand eine gute

Schwebefähigkeit und eine gute Haftfähigkeit, steht aber den Arsensalzen an Wirksamkeit nach.

Bariumchlorid: Außer Bariumpolysulfid und den Bariumarsensalzen (S. 232 und 247) kommt noch Bariumchlorid als bariumhaltiges Spritzmittel für die Schädlingsbekämpfung in Betracht. Nach Hollrung wurde es 1896 zum ersten Male im Pflanzenschutz angewandt.

Bariumchlorid, $BaCl_2$, besteht aus weißen, wasserlöslichen Kristallen und wird in 1—2proz. Lösung gegen Blattwespenlarven, in 2—4proz. Lösung gegen Raupen und in 3—5proz. Lösung gegen Käfer verwandt. Es wirkt in erster Linie als Magengift; weiterhin kommt ihm aber auch eine ätzende Giftwirkung zu, so daß es auch als Hautgift gegen Blattläuse Verwendung finden kann [1]). In seiner Wirksamkeit als Magengift steht es jedoch bedeutend hinter den Arsengiften zurück, und als Blattlausbekämpfungsmittel wird es vom Nikotin bei weitem übertroffen. Auch gegenüber den zu behandelnden Pflanzen ist es nicht ganz ungefährlich, da schon 2proz. Lösungen, z. B. an Tabak und Hopfen, stärkere Verbrennungen verursachen können. Eine fungizide Wirkung kommt ihm nicht zu. Wegen seiner Wasserlöslichkeit und seiner dadurch bedingten geringen Wetterbeständigkeit hat es als Magengift nur eine beschränkte Wirkungsdauer, die auch durch Zusatz von 1—$1^1/_2$ Proz. Kalk oder 2 Proz. Stärke oder $^1/_2$ Proz. Leim oder 2 Proz. Melasse bloß in geringem Maße erhöht werden kann. Trotz dieser vielen Nachteile ist es doch verschiedentlich zur Anwendung gekommen und wird auch dem Verbraucher zur Schädlingsbekämpfung empfohlen, da es sehr billig ist und als arsenfreies Magengift Menschen und Haustiere nicht gefährdet, daher an Gemüse und an Beerenobst noch kurz vor der Ernte ohne Bedenken angewandt werden kann. Wegen seiner geringen fraßabschreckenden Wirkung kann es sogar unter Umständen den oft stark fraßabschreckenden Arsenmitteln in der praktischen Bekämpfung überlegen sein [2]). Eine größere Bedeutung kommt ihm aber auf Grund seiner geringen Giftwirkung und seiner geringen Regenbeständigkeit nicht zu.

Kaliumpermanganat, $KMnO_4$, ist besonders in Frankreich zur Bekämpfung des Rebenmehltaues zur Anwendung gekommen. Es wird unter Kalkzusatz in 0,125proz. Lösung als Sommerbehandlung und als 0,3—0,35proz. Lösung als Winterspritzmittel benutzt und soll auch zusammen mit Kupferkalkbrühe zu verwenden sein. Es kommt besonders dann in Frage, wenn die betreffende Rebsorte gegen Schwefel empfindlich

---

[1]) Korff: Praktische Blätter für den Pflanzenschutz, 1925, S. 56.

[2]) Wahl, Br.: Zeitschrift für Landw. Versuchswesen in Deutsch-Österreich, Wien 1925.

ist, die Lese kurz bevorsteht oder wenn besondere, für die Schwefelwirkung ungünstige Witterungsverhältnisse (sehr heiße oder kalte, regnerische Tage) vorherrschen. Sowohl über die Wirkungsweise als auch über den wirklich praktischen Wert des Kaliumpermanganats gegenüber dem Schwefel ist noch nichts Sicheres bekannt.

Kalk: von den Erdalkalimetallen kommt das Kalzium in der Form des Ätzkalkes oder Kalziumoxyds CaO und des gelöschten Kalkes oder Kalziumhydroxydes $Ca(OH)_2$ für die Herstellung von Spritzmitteln in Frage. Die größte Bedeutung hat der Kalk als Hilfsstoff, indem er bei der Schwefelkalkbrühe zur Bildung der Kalziumpolysulfide, bei der Kupferkalkbrühe zur Bildung von komplexen Kupfersalzen und bei vielen Arsenmitteln zur Bindung der wasserlöslichen und laubschädigenden freien Säuren und sauren Salze benutzt wird. Für die Herstellung dieser Spritzbrühen ist das richtige Löschen des gebrannten Kalkes wichtig: der frisch gebrannte Kalk wird anfangs mit wenig Wasser benetzt, bis er zu „rauchen" anfängt; erst beim Zerfallen der Kalkstücke wird weiter Wasser nach Bedarf zugegeben, so daß einerseits das „Kochen" andauert und die Hitze nicht zu rasch abnimmt, andererseits der Kalk auch nicht bei zu wenig Wasser „verbrennt". Nur mit wenig Wasser gelöschtes Kalziumoxyd zerfällt zu feinstem Pulver, das sowohl zum Bestäuben als auch zur Zubereitung der Spritzbrühen am geeignetsten ist.

Außer seiner Bedeutung als Hilfsstoff kommt dem Kalk auf Grund seiner ätzenden Wirkung in geringem Umfange noch die Rolle als Grundstoff zu. Ein Bespritzen der Obstbäume mit Kalkmilch („Kälken" der Obstbäume) soll einerseits durch mechanischen Abschluß und ätzende Wirkung die bis an den äußersten Zweigen der Bäume als Eier, Larven oder Imagines überwinternden Insekten töten, andererseits durch ätzende Wirkung Moose und Flechten von den Baumstämmen entfernen. Die insektizide Wirkung solcher Kalkspritzungen ist jedoch gering; man hat sie daher im Theobaldschen Gemisch durch Zusatz von Kochsalz und Wasserglas zu verstärken versucht. Zur Herstellung des Theobaldschen Gemisches werden 10—15 kg gebrannter Kalk, 5—6 kg Kochsalz und $^1/_2$ kg Wasserglas auf 100 Liter Wasser benutzt. Zur Bekämpfung von Blattlaus- und Psyllaeiern hat sich jedoch die Theobaldsche Mischung als nicht durchgreifend wirksam gezeigt; sie wird dagegen übertroffen durch die Kombination der Kalkmilch mit Obstbaumkarbolineum (10 : 1).

Als günstige Nebenwirkung verhindert der weiße Kalkspritzbelag im zeitigen Frühjahr eine zu starke Erwärmung der Stämme und ein zu frühes Austreiben der Knospen, wodurch Schädigungen durch Frühjahrsfröste vermieden werden.

Ätznatron oder Natriumhydroxyd, NaOH, hat ebenfalls zur Bekämpfung der Eier des Apfelblattsaugers (Psylla mali) als Spritzbrühe (500 g Ätznatron + 250 g Schmierseife + 100 Liter Wasser) Verwendung gefunden, ohne jedoch irgendwelche praktische Bedeutung erlangt zu haben.

Kochsalzlösungen werden in 4proz. Konzentration als Winterspritzungen und in 2proz. Konzentration als Sommerspritzungen auf Grund ihrer Billigkeit in Norwegen zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaues viel benutzt. Die Kochsalzlösungen dürfen nicht mit den Wurzeln in Berührung kommen und rufen auch sehr häufig an den Blättern starke Schädigungen (Blattabfall) hervor; sie sind daher bei den einzelnen Stachelbeersorten nur mit Vorsicht anzuwenden.

Kalisalze (Kalidüngesalze) wurden von Zuckschwerdt[1]) in 15proz. Lösung als Spritzmittel an unbelaubten Bäumen zur Bekämpfung der Blutlaus empfohlen. Die Erwartungen auf eine insektizide Wirkung der Lösungen haben sich jedoch nicht erfüllt; als Wirkung kommt nur die Düngewirkung der reichlich benutzten und auch in den Boden gelangenden Spritzlösungen in Frage, die durch Ausstreuen der Kalisalze auf den Boden besser zu erreichen ist (vgl. S. 40 und 285).

Kombinierte Spritzmittel

Zur Vereinheitlichung der Bekämpfung und zur Ersparnis von Zeit und Arbeitslöhnen ist es immer wieder versucht worden, geeignete Spritzmittel zur Bekämpfung verschiedener, aber gleichzeitig auftretender Schädlinge zu kombinieren und sie in einem Spritzgang anzuwenden. Nicht alle Kombinationen zwischen zwei oder mehreren Mitteln sind brauchbar, da sehr oft durch die Kombination die Wirkung des einen oder anderen Mittels herabgesetzt wird, und da häufig die verschiedenen Mittel miteinander in chemische Reaktion treten und dann laubschädigende Verbindungen entstehen lassen.

Bei Betrachtung der einzelnen Spritzmittel sind die besten und bekanntesten Kombinationen schon angeführt; trotzdem dürfte es nützlich sein, die möglichen und gefährlichen Kombinationen nochmals zusammenzustellen. Es müssen in dieser Zusammenstellung auch Kombinationen, wie die Vereinigung von Kupferkalkbrühe mit Seife und saurem Bleiarseniat mit Schwefelkalkbrühe, als schädlich oder nur mit Vorsicht brauchbar bezeichnet werden, trotzdem sie in der Praxis hin und wieder Verwendung finden.

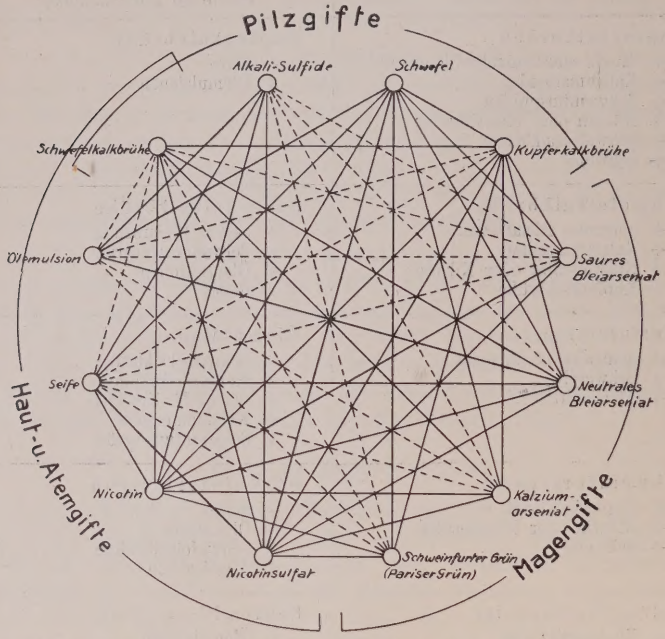
---

[1]) Zuckschwerdt: Geisenheimer Mitteilung, 1924, Bd. 39, S. 15.

Zusammenstellung von Spritzmittelkombinationen

Brauchbare Kombinationen	Schädliche oder mit Vorsicht anzuwendende Kombinationen
Kupferkalkbrühe + saures oder neutrales Bleiarseniat + Kalziumarseniat + Schweinfurtergrün + Nikotin oder Nikotinsulfat + Schwefelkalkbrühe + Schwefel	**Kupferkalkbrühe** + Seife + Ölemulsionen
Schwefelkalkbrühe + neutrales Bleiarseniat + Kalziumarseniat + Nikotinsulfat oder Nikotin + Kupferkalkbrühe	**Schwefelkalkbrühe** + saures Bleiarseniat + Schweinfurtergrün + Ölemulsionen + Seife
Ölemulsionen + neutrales Bleiarseniat + Schwefel + Alkalisulfide	**Ölemulsionen** + Schwefelkalkbrühe + Kupferkalkbrühe + saures Bleiarseniat + Kalziumarseniat + Schweinfurtergrün
Schweinfurtergrün + Kupferkalkbrühe + Nikotin oder Nikotinsulfat + Schwefel	**Schweinfurtergrün** + Seife + Ölemulsionen + Schwefelkalkbrühe + Alkalisulfide
Saures Bleiarseniat + Kupferkalkbrühe + Schwefel + Nikotin oder Nikotinsulfat	**Saures Bleiarseniat** + Ölemulsionen + Seife + Schwefelkalkbrühe + Alkalisulfide
Neutrales Bleiarseniat + Kupferkalkbrühe + Schwefelkalkbrühe + Schwefel + Ölemulsionen + Seife + Nikotin oder Nikotinsulfat	**Neutrales Bleiarseniat** + Alkalisulfide
Kalziumarseniat + Kupferkalkbrühe + Schwefelkalkbrühe + Schwefel + Nikotin oder Nikotinsulfat	**Kalziumarseniat** + Ölemulsionen + Alkalisulfide + Seife

Zur schnellen Übersicht über brauchbare und schädliche Kombinationen haben sich die in der amerikanischen Literatur mehrfach angegebenen Schemata bewährt, die man wegen ihrer Form kurzerhand als



Gefährliche Kombinationen: - - - - - - - Mögliche Kombinationen: ————

Abb. 31. Kombinationsstern.

Kombinationssterne bezeichnen kann, und von denen der von Anderson und Roth[1]) zusammengestellte und nach den deutschen Erfahrungen etwas veränderte Kombinationsstern in Abb. 31 wiedergegeben ist.

3. Stäubemittel

a) Allgemeines über Stäubemittel

Als Stäubemittel bezeichnet man diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel, die in staubfeiner Form (Pulver) angewandt und mit Hilfe

[1]) Anderson, O. G., und Roth, F. C.: Insecticides and Fungicides, New York 1923.

besonderer Apparate auf die Schädlinge und Pflanzen verstäubt werden. Die Stäubemittel enthalten außer dem Grundstoff (Arsen, Nikotin, Schwefel) als Träger- oder Streckmittel indifferente Pulver (Kieselgur, Talkum, Kaolin, Gips, Asbest, Straßenstaub, Brikettasche u. a.); seltener werden sie als unvermischte Grundstoffe angewandt (Schwefel, Tabakstaub). Die Streckmittel spielen bei den Stäubemitteln eine ähnliche Rolle, wie das Wasser bei den Spritzmitteln, d. h. sie geben dem Mittel die geeignete und wirtschaftlich tragbare Verdünnung (Konzentration), verhindern Blattbeschädigungen und ermöglichen oft das Verstäuben, indem sie ungünstige Eigenschaften des Grundstoffes beseitigen. Auch bei den Stäubemitteln werden nach Möglichkeit und Notwendigkeit mehrere Grundstoffe zu „kombinierten Mitteln" zusammengemischt und zur Bekämpfung mehrerer Schädlinge gleichzeitig verstäubt.

Die Wirkung der Stäubemittel ist, ähnlich wie die der Spritzmittel, je nach dem enthaltenen Grundstoff therapeutischer oder prophylaktischer Art; bei der letzteren ist die frühzeitige Anwendung besonders wichtig. Für die Wirksamkeit der Stäubemittel sind außer der Giftwirkung noch als physikalische Eigenschaften die Stäubbarkeit und die Haftfähigkeit des Pulvers von großer Bedeutung.

Stäubemittel müssen leichte Verstäubbarkeit zeigen, d. h. sie dürfen sich nicht zusammenballen. Hygroskopische Mittel sind daher in dicht verschließbaren Büchsen aufzubewahren; häufig gelingt es auch, durch Zusatz geeigneter Streckmittel das Zusammenballen zu verhindern (vgl. S. 277). Die Verstäubbarkeit eines Mittels hängt weiter ab von seiner „Leichtigkeit", d. h. sie nimmt mit Abnahme des spezifischen Gewichtes zu. Das spezifische Gewicht des Grundstoffes darf sich nicht so sehr von dem des Trägermittels und anderer Zusatzstoffe unterscheiden, um die Gleichmäßigkeit der Staubwolke nicht zu beeinträchtigen. Von gleichem Wert wie die Leichtigkeit ist die Feinheit des Pulvers. Je feiner ein Mittel gemahlen ist, um so besser ist seine Verstäubbarkeit, seine Wirksamkeit und seine Wirtschaftlichkeit. Billige, aber grobgemahlene Schwefelsorten kommen infolge ihres Mehrverbrauches wesentlich teurer als der an sich teuere, aber eine sehr große Feinheit zeigende Ventilatoschwefel (vgl. S. 274). Trotzdem ist es nicht ratsam, einen bestimmten Grad der Feinheit zu überschreiten, da die Staubwolken in diesen Fällen zu leicht von den geringsten Luftbewegungen weggenommen werden, das Pulver in zu großer Menge aus den Verstäubeapparaten austritt und die nächststehenden Pflanzenteile zu dicht bestäubt, wodurch Materialverschwendung und besonders bei feuchtem Wetter die Möglichkeit der Verbrennung eintreten. Eine allzu feine Mahlung der Stäubemittel führt einerseits leicht zum Zusammenballen des Pulvers, anderer-

seits sollen diese Pulver (namentlich Arsenpräparate) infolge ihrer starken Oberflächenvergrößerung besonders leicht zu Blattbeschädigungen neigen. In Amerika wird daher von Arsenstäubemitteln ein Mindest- und ein Höchstmaß für den Feinheitsgrad gefordert; die an Kalziumarseniat gestellten Forderungen sind auf S. 280 angegeben.

Zur Messung des Feinheitsgrades sind verschiedene Methoden gebräuchlich. Der Feinheitsgrad der Stäubemittel kann einmal durch mikroskopische Messung der Einzelteilchen festgestellt werden. Da die Methode umständlich und zeitraubend ist, hat man besonders in Amerika das Schüttegewicht der Stäubemittel herangezogen. Das Schüttegewicht ist das Gewicht eines Liters oder 1 ccm des Mittels; es hängt also von der Größe und der Formgestaltung der Einzelteilchen und vom spezifischen Gewicht des Mittels ab. Die Methode wurde in neuester Zeit von G. Hilgendorff[1]) zur Untersuchung von Arsenpulvern verwandt. Hilgendorff benutzte Glaszylinder von 4—6 cm Höhe und 3 cm Durchmesser mit abgeschliffenem Rand, deren Inhalt durch Einfüllen von Wasser oder feinem Seesand bis zum Rande bis auf die erste Dezimale genau abgemessen werden kann. Das zu untersuchende Pulver durchlief bei den Versuchen Hilgendorffs zuerst ein Sieb von ungefähr 0,75 mm Maschenweite und gelangte dann durch einen Trichter in gleichmäßigem Fall in das Glasgefäß, wobei jede Erschütterung sorgfältig vermieden wurde. Die den Rand überragende Pulvermenge wurde abgestrichen und das im Glase befindliche Pulver gewogen. Das Schüttegewicht wird ausgedrückt durch das Verhältnis des Gewichtes der Pulvermenge zum Inhalt des Gefäßes. Nach Hilgendorff wird in Amerika vom Kalziumarseniat ein Schüttegewicht 0,28 verlangt.

Als dritte Methode zur Messung des Feinheitsgrades ist die Benutzung feiner Siebe zu nennen, bei welcher beobachtet wird, ob die Stäubemittel Siebe bekannter Maschenweite durchlaufen. Auch diese Methode wurde von Hilgendorff zur Prüfung von Schweinfurtergrün-Präparaten herangezogen; er benutzte ein normales 6400-Maschensieb (d. h. 6400 Maschen auf 1 qcm) mit einer Maschenweite von 0,075 mm. Aufschwemmungen von 25 g des zu untersuchenden Pulvers in destilliertem Wasser wurden langsam durch das Sieb gegossen, und der Rückstand wurde durch teilweises Eintauchen des Siebes in das Schlämmwasser (Eindringen des Wassers von unten her durch das Sieb) so lange ausgewaschen und von den feineren Teilchen befreit, bis die Menge des Rück-

[1]) Hilgendorff, G.: Über die Normierung des Schweinfurtergrüns. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1927, S. 5.

standes sich nicht mehr veränderte. Kleine, durch Fettgehalt festgehaltene Partikelchen konnten noch durch Alkohol leicht abgeschwemmt werden. Durch Wägen des Rückstandes gewinnt man ein Maß für den Feinheitsgrad des Pulvers; die Siebprobe gibt jedoch nur den der Maschenweite des bennutzten Siebes entsprechenden Feinheitsgrad an und berücksichtigt nicht die auch für die Schwebefähigkeit der Stäubemittel wichtige Formgestaltung der Einzelpartikelchen (vgl. Schwebefähigkeit der Spritzmittel S. 162).

Zur Bestimmung des Feinheitsgrades des Schwefels wird endlich ein von Chancel gebauter und als „Sulfurimeter" bezeichneter Apparat benutzt, der außer der Teilchengröße auch die für die Schwebefähigkeit wichtigen Faktoren: Formgestaltung der Teilchen und spezifisches Gewicht berücksichtigt. Der Apparat ist eine mit einer Gradeinteilung versehene, den Meßzylindern ähnliche, einseitig geschlossene Glasröhre, die bei 17,5° C bis zum 100. Teilstrich 25 ccm Äther faßt. In die Glasröhre werden 5 g Schwefelpulver und 25 ccm reiner Äther gebracht, kräftig geschüttelt, und dann wird unter Vermeidung jeglicher Erschütterung des Sulfurimeters, sobald sich die Höhe des abgesetzten Schwefels nicht mehr verändert, die Höhe des Bodensatzes an der Gradeinteilung des Sulfurimeters abgelesen, womit auch zugleich der Feinheitsgrad des Pulvers in Chancel-Graden angegeben ist. Feinheitsgrade des Schwefelpulvers über 80° Ch sind als sehr fein, zwischen 70—80° Ch als fein, zwischen 60 und 70° Ch als ziemlich fein zu bezeichnen. Schwefelpulver unter 60° Ch sollten als Stäubemittel zu Bekämpfungszwecken nicht mehr verwendet werden. Die Feinheitsbestimmung mittels Sulfurimeters hat sich für Schwefelpulver allgemein eingeführt; zur Gewinnung möglichst exakter Ergebnisse wird jedoch empfohlen, größere Glaszylinder und dementsprechend auch größere Mengen Schwefelpulver und Äther zu benutzen. Das Sulfurimeter wurde von Hilgendorff auch zur Prüfung des Feinheitsgrades von Arsenmitteln benutzt. — Zur Messung des Feinheitsgrades von Stäubemitteln dürfte auch der zur Prüfung der Schwebefähigkeit von Spritzbrühen beschriebene Zweischenkel-Flockungsmesser (vgl. S. 163) geeignet sein, wenn als Dispersionsmittel, ähnlich wie beim Sulfurimeter, eine das Stäubemittel nicht lösende Flüssigkeit verwendet wird.

Für die Wirksamkeit der Stäubemittel spielt endlich die Haftfähigkeit der Präparate eine große Rolle. Für die Haftfähigkeit der Stäubemittel ist nicht allein die bei den Spritzmitteln (s. S. 164) besprochene Regenbeständigkeit des auf den Pflanzen befindlichen Giftbelages zu verstehen, sondern auch das im Augenblick des Verstäubens zu beobachtende Haftvermögen, d. h. das „Hängenbleiben" des Pulvers auf den

zu behandelnden Pflanzen. Eine Aufteilung der Haftfähigkeit in Haftvermögen und Regenbeständigkeit ist nicht zweckmäßig, da beide durch die gleichen physikalischen Bedingungen verursacht werden. Das Haftvermögen („Haftfähigkeit im engeren Sinne") ist für die Stäubemittel von ausschlaggebender Bedeutung; es kommt für die Spritzmittel kaum in Frage, da bei letzteren in den feinen Spritztröpfchen das aufgeschwemmte Pulver durch das Wasser auf den Pflanzen festgehalten wird. Die Haftfähigkeit der Stäubemittel ist als Regenbeständigkeit im allgemeinen schlechter als die der Spritzmittel, da der Staubbelag durch Regen und Wind leichter abgewaschen und entfernt werden kann als die eingetrockneten Spritzflecken. Zusatzstoffe zur Erhöhung der allgemeinen Haftfähigkeit der Stäubemittel sind wenig bekannt. Von den Streckmitteln hat Talkum eine verhältnismäßig gute Haftfähigkeit gezeigt; nach A. Kelsall[1]) wird weiter ein Zusatz von 5 Proz. Kalziumkaseinat als bestes Haftmittel empfohlen. Die Haftfähigkeit der Stäubemittel ist größer, wenn die Präparate auf taufeuchte Pflanzen aufgestäubt werden; es wird daher vielfach empfohlen, die Bestäubung in den Abend- und frühen Morgenstunden vorzunehmen. Da man allgemein beobachtete, daß gemahlener Schwefel eine größere Haftfähigkeit zeigte als sublimierter Schwefel, nahm man bisher an, daß außer der Wasserunlöslichkeit die Formgestaltung der Einzelpartikelchen des Pulvers für die Haftfähigkeit von großer Bedeutung sei, und daß scharfkantige und eckige Partikelchen besser haften als runde. Neuerdings versuchen W. Moore und G. J. Reeves[2]), ähnlich wie bei den Spritzmitteln (vgl. S. 166), auch bei den Stäubemitteln zur Erklärung der Haftfähigkeit elektrische Ladungen anzunehmen. Alle Stäubemittel werden nach Ansicht der beiden amerikanischen Autoren beim Verlassen des Verstäubeapparates elektrisch geladen. Die Ladung wird durch Reibung des Stäubemittels mit den Metallteilen des Verstäubers erreicht. Die elektrische Ladung des Pulvers begünstigt die feine Verteilung der einzelnen, gleichgeladenen Pulverpartikelchen auf den Blättern, die an sich neutral sind, auf denen aber durch Annäherung der elektrisch geladenen Pulverteilchen die Elektrizität je nach + oder — verschieden gelagert wird, so daß durch das Kraftlinienfeld (ähnlich wie bei einem mit Reibungselektrizität geladenen Glasstab und Papierschnitzeln) eine Anziehung der elektrisch geladenen Pulverteilchen erfolgt. Reeves glaubt Reibungselektrizität als wichtigen Faktor für die Haftfähigkeit von Zinkarsenit, Kalziumarseniat, Bleiarseniat, Schweinfurtergrün, gelöschtem

---

[1]) Kelsall, A.: Scient. Agric., 1924, Vol. 2, S. 37.

[2]) Moore, W. J., und Reeves, G. J.: Journal of economic Entomology, 1925 Vol. 18, S. 282.

Kalk, Schwefel und Kieselgur gefunden zu haben. Je nach ihrem elektrischen Leitvermögen unterscheiden sich nun die Mittel in ihrer Haftfähigkeit. Zinkarsenit, Schweinfurtergrün, Schwefel und Kieselgur sind Nichtleiter; sie geben ihre Ladung nicht leicht ab. Kalziumarseniat, Bleiarseniat und Kalk sind Leiter und liefern bei Kontakt mit anderen Leitern ihre Ladung sofort ganz ab und verlieren daher ihre Anziehung (Haftfähigkeit). Wirksame Stäubemittel müssen also einen Bestandteil enthalten, der elektrisch geladen werden kann und als Nichtleiter die Elektrizität nicht zu schnell wieder abgibt. Ist der Grundstoff (Giftstoff) ein Leiter, so muß er mit einem nichtleitenden Streckmittel versetzt werden; ist er ein Nichtleiter, so ist er an sich schon ein gut haftendes Stäubemittel. Elektrisches Leitvermögen zeigende Streckmittel sind zur Vermischung mit leitenden Grundstoffen nicht zu verwenden. Die Theorie von Moore und Reeves wird, wenn sie ihre Bestätigung finden und ihre praktische Bedeutung beweisen sollte, die bisher geübte Herstellungsweise der Stäubemittel von Grund auf ändern; sie dürfte weiter die Möglichkeit geben, die Sicherheit und die Vorzüge des Stäubeverfahrens in weitem Maße auszubauen.

Auch bei dem Stäubemittel ist, ähnlich wie bei den Spritzmitteln, durch helle Färbung des Pulvers die Sichtbarkeit des Giftbelags zur leichteren Durchführung der Stäubearbeit, zur Kontrolle der die Bestäubung durchführenden Arbeiter und zur Prüfung der Haftfähigkeit anzustreben. Als unbedingte Forderung kann jedoch diese Sichtbarkeit nicht aufgestellt werden, da ein gut wirkendes Stäubemittel wegen mangelhafter Sichtbarkeit nicht als praktisch unbrauchbar abgelehnt werden kann (vgl. S. 168).

Die aus einem oder mehreren Grundstoffen und mehreren Hilfsstoffen zusammengesetzten Stäubemittel werden in Deutschland meist fabrikmäßig hergestellt. Die Mischung der einzelnen Chemikalien erfolgt in Stein- oder Kugelmühlen. Da die Streckmittel meist sehr billig und leicht zu beschaffen sind und oft 80—95 Proz. des Stäubemittels ausmachen, wird die Anwendung der fabrikmäßig hergestellten Stäubemittel durch die Herstellungs-, Verpackungs- und Frachtkosten verhältnismäßig teuer. Wenn diese Verteuerung für die deutschen Betriebe vielleicht auch nicht von Bedeutung ist, so drängte sie den amerikanischen Praktiker doch dazu, für die dortigen Großbetriebe die Herstellung der Stäubemittel selbst oder in den Berufsgenossenschaften in die Hand zu nehmen. Die Selbstherstellung der Stäubemittel, wie sie z. B. von den Vereinigungen der kalifornischen Walnußbauern durchgeführt wird, hat den Vorteil, daß die Grund- und Hilfsstoffe zu normalem Tagespreis billig bezogen werden können, und daß man die Mehrkosten für Mischen und Verpackung, für Hersteller- und

Kleinhändlerverdienst und Fracht spart, daß weiterhin die Stäubemittel je nach Bedarf zusammengesetzt und immer frisch angesetzt werden können. So entstanden in Amerika die vielen Rezepte zur Herstellung von brauchbaren Stäubemitteln, die in einfachen Mischtrommeln oder in komplizierter gebauten Mischapparaten [1]) hergestellt werden. Ob die auch in Deutschland immer notwendiger werdende Schädlingsbekämpfung für Großbetriebe oder größere einheitliche Kulturgebiete die Selbstbereitung wird notwendig erscheinen lassen, ist zur Zeit noch nicht abzusehen; immerhin dürften die im Feldbau zur Getreidetrockenbeizung brauchbaren Trockenbeizapparate (meist in der Form von Mischtrommel) auch für die Selbstmischung von Stäubemitteln sehr geeignet sein.

Die Menge des zu verwendenden Stäubemittels hängt ab vom Feinheitsgrad und vom spezifischen Gewicht des Mittels, von der Arbeitsweise und Arbeitsleistung der Verstäubungsvorrichtung und von der Windstärke. Im Durchschnitt werden gebraucht für einen Morgen ($^1/_4$ Hektar) Feldfläche aus Verstäubungsapparaten 6—8 kg, für einen Morgen Rübenfläche aus Verstäubungsbeuteln 2—3 kg, für einen Morgen Rebfläche (2000 Rebstöcke) aus Verstäubungsapparaten 5—8 kg.

Stäubemittel können nur bei trockenem, einigermaßen windstillem Wetter angewandt werden. In Gegenden, in denen gegen Abend die Winde sich legen, sind die Abendstunden oft am geeignetsten. Eine Nachtbehandlung, bei der Windstille und Tau (zur besseren Haftfähigkeit) ausgenutzt werden könnten, ist wegen der Schwierigkeit der Durchführung der Bestäubung, wegen etwa notwendiger Reparaturen an den Verstäubemaschinen und wegen der Möglichkeit der Gesundheitsgefährdung durch Einatmen der nicht sichtbaren Staubwolke nicht leicht durchführbar; sie wird trotzdem in Amerika für Gebiete mit vorherrschenden Tageswinden als die beste empfohlen.

b) Stäubeapparate

Zur Verteilung der Stäubemittel [2]) bedient man sich besonderer Verstäubeapparate oder „Verstäuber". Die Stäubeapparate haben eine ähnliche Entwicklung genommen, wie die Spritzapparate. Besonders in Amerika bewirkten die gewaltigen Abmessungen der ausgedehnten, nur

---

[1]) Smith, R. E., und Martin, J. P.: Californ. Experiment. Station, Bull. 357, 1923.

[2]) Es dürfte zweckmäßig sein, die Verteilung der Stäubemittel als „Verstäubung" und die dazu gehörigen Apparate als „Verstäuber" oder „Stäubeapparate" zu bezeichnen im Gegensatz zu den Spritzmitteln, die mit „Zerstäubern" oder Spritzapparaten „zerstäubt", d. h. verspritzt werden.

mit einer Kulturpflanze bebauten Flächen und der Mangel an zuverlässigen Arbeitern, daß sich die Verstäubungsapparate dank der engen Zusammenarbeit der sich schnell entwickelnden Industrie mit den staatlichen Instituten und den Praktikern zur immer größeren Vollkommenheit und in immer größer werdenden Modellen entwickelten.

Die einfachste Vorrichtung zur Verteilung von Stäubemitteln war die Puderquaste („Schwefelquaste"), ein Instrument, das man in der neuzeitlichen Pflanzenschutzpraxis nicht mehr kennt. Anders steht es mit den Stäubebeuteln, aus Müllerleinen, Musselin oder dichter Gaze bestehenden Säckchen, die sicherlich mit zu den einfachsten und ältesten Stäubevorrichtungen gehören und trotzdem heute noch für bestimmte Kulturen von Bedeutung sind. Die Stäubebeutel haben neuerdings auf Grund von Versuchen von Blunck[1]), Görnitz und R. Janisch besonders im Rübenbau zur Bekämpfung des Rübenaaskäfers Verwendung gefunden. Sie werden in einfachster Weise so hergestellt, daß 1 qm große staubdurchlässige Tücher in der Mitte mit dem Stäubemittel beschickt, an den vier Ecken zusammengefaßt und an einen besenstielartigen Stock fest angebunden werden. Jeder zu der Arbeitskolonne gehörende Arbeiter erhält einen Stäubebeutel und behandelt damit die ihm zugeteilte Rübenreihe, indem er beim langsamen Durchgehen über jeder Rübenpflanze durch Erschüttern (Stauchen) des Stäubebeutels etwas von dem Pulver ausstäubt und so die Rübenpflanzen mit einem leichten Arsenbelag bedeckt. Die Stäubebeutel werden auch als sog. „Schleppbeutel" (Abb. 32) angefertigt und benutzt: fertig genähte, aus einem staubdichten, das Pulver aufnehmendem Oberteil (Segeltuch oder Drell *a*), einem staubdurchlässigen Mittelstück *z* und einer den Beutel unten abschließenden Schutzkappe (Segeltuch oder Drell *k*) bestehende Beutel, die in einer den Drillreihen entsprechenden Anzahl an einer ungefähr 4 m langen Stange so hängen, daß sie bei der Vorwärtsbewegung mit der Schutzkappe leicht

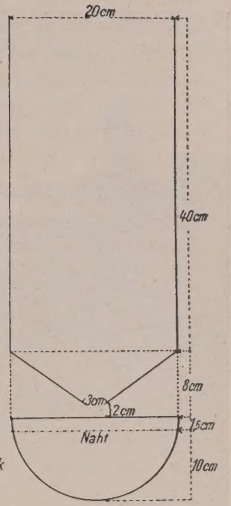


Abb. 32. Stäubebeutel für Arsenverstäubung. (Nach Blunck und Janisch.)

[1]) Blunck, H., und Görnitz, K.: Arbeiten aus der Biol. Reichsanstalt, 1923, Bd. 12, S. 31; Blunck, H. und Janisch, R.: Arbeiten aus der Biol. Reichsanstalt, 1925, Bd. 13, S. 433.

auf den Pflanzen schleifen. Die Stange wird entweder von 2 Arbeitern getragen (Abb. 33) oder an einer Hackmaschine befestigt. Eine trichterförmige Zuführung sorgt in jedem Beutel für einen sparsamen Übergang des Pulvers aus dem Oberteil zum Mittelstück. Die Stäubebeutel haben sich im Rübenbau bewährt, da sie sowohl in der Anschaffung billig als auch im Materialverbrauch sehr sparsam sind. Im Durchschnitt werden für das Bestäuben von einem Morgen Rübenfläche mit Hilfe von Stäube-

Abb. 33. Schleppe mit 8 Stäubebeuteln. (Nach Blunck und Janisch.)

beuteln 2—3 kg Stäubemittel verbraucht. Die Arbeitsleistung von zwei Trägern ist nach Blunck und Janisch 2—4 Morgen in der Stunde.

Wenn sich auch die Stäubebeutel im Feldbau als sparsam und sicher arbeitende Stäubevorrichtungen bewährt haben und, an Stangen befestigt, auch im Obstbau Verwendung finden können, so können sie doch im Feldbau-Großbetrieb und im Obst- und Weinbau die eigentlichen Stäubeapparate nicht verdrängen. Diese Stäubeapparate (Verstäuber) werden, ähnlich wie die Spritzapparate (vgl. S. 170), in den verschiedensten Größen und Modellen hergestellt. Für die Lieferung von Stäubeapparaten kommen u. a. die deutschen Firmen: Gebr. Holder in Metzingen in Württem-

berg, Carl Platz in Ludwigshafen am Rhein, Fr. Altmann in Berlin NO 43 und die Deidesheimer Apparatebau G. m. b. H. in Deidesheim (Rheinpfalz) in Betracht, die auf Verlangen Preislisten mit Abbildungen versenden.

Von brauchbaren Stäubeapparaten muß verlangt werden, daß sie aus bestem Material hergestellt sind, durch solide Verarbeitung ein leichtes und sicheres Arbeiten ermöglichen, sich bequem reinigen lassen und eine möglichst einfache Konstruktion zeigen, damit Reparaturen schnell vorgenommen werden können. Die Verstäuber bestehen im allgemeinen aus einem Blasebalg oder einem Ventilator (Windfege) zur Erzeugung des Luftzuges, einem Behälter zur Aufnahme des Stäubemittels, einem Zuführungsmechanismus für die Zuführung einer bestimmten Menge des Pulvers zum Luftzug und einem oft mit einem besonderen Mundstück versehenen Auspuff- oder Auswurfrohr. Der Blasebalg findet im allgemeinen bei den kleineren deutschen Maschinen Verwendung; er erzeugt einen durch seinen Arbeitsgang bedingten unterbrochenen Luftzug, der das Pulver stoßweise austreibt. Die unterbrochene Staubwolke hat man in den Großbetrieben der amerikanischen Baumwollgebiete als sehr ungünstig empfunden; man ist daher dort auch bei kleineren Apparaten zur Verwendung von Windfegen (Ventilatoren) übergegangen, die eine kontinuierliche Staubwolke erzeugen. Für die Tropen eignen sich nur Apparate mit Windfegen, da die aus Leder bestehenden Blasebälge den tropischen Klimaeinflüssen nicht widerstehen. Größere Stäubeapparate werden auch in Deutschland nur mit Ventilatoren gebaut. — Als Zuführungsmechanismus für die Stäubemittel werden bei den einfachen deutschen Blasebalgverstäubern meist verstellbare Schiebervorrichtungen benutzt, die die untere Öffnung des Pulverbehälters verengen bzw. erweitern, durch die das Pulver infolge seiner eigenen Schwere hindurchfällt. Für größere Stäubeapparate sind, besonders in Amerika, die verschiedensten Zuführungsvorrichtungen gebaut worden, bei denen das Stäubemittel durch rotierende Bürsten, Schneckenführung, schnell rotierende Scheiben oder durch Gebläseluft dem erzeugten Luftzug zugeführt wird. Die richtige Einstellung der Zuführungsvorrichtung setzt Vertrautheit des Arbeiters mit der Arbeitsweise des Apparates, mit der Wirksamkeit des Mittels und dem Mengenbedarf für den zu bekämpfenden Schädling voraus. In vielen Stäubeapparaten sind weiterhin Rühr- und Verreibungsvorrichtungen eingebaut, die das Zusammenballen des Stäubemittels verhindern und größere Stückchen zerkleinern.

Die Stäubeapparate, die als kleinere Modelle aus Holz oder Metall, als größere Maschinen aus Metall hergestellt werden, lassen sich in Hand-, Rücken-, Sattel-, Karren-, Schulter- und Motorverstäuber einteilen.

Die Handverstäuber (Abb. 34) werden in der Regel vor der Brust getragen und sind zur Erleichterung der Arbeit oft mit einem Trageriemen versehen. Sie fassen im allgemeinen 1—3 kg Stäubemittel. Die deutschen Handverstäuber sind durchweg mit Blasebalg versehen, während bei den amerikanischen Modellen durch Kurbel mit der Hand zu bedienende Windfegen (Fächer-, Bürsten-Ventilatoren) das Stäubemittel aufwirbeln und durch das Auspuffrohr austreiben.

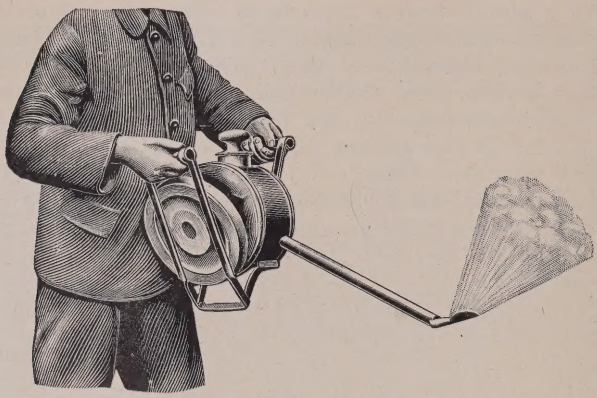


Abb. 34. Handverstäuber. (Holder.)

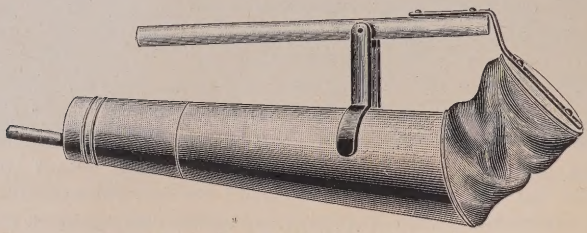


Abb. 35. Handverstäuber. (Altmann.)

Ein einfacher, nur mit einer Hand durch hammerartige Bewegungen zu betätigender Handverstäuber ist in der Abb. 35 wiedergegeben. Die Handverstäuber eignen sich für Kleinbetriebe; für Großbetriebe kommen sie wegen ihrer anstrengenden und ermüdenden Arbeitsweise nicht in Betracht oder sind höchstens dort am Platze, wo größere Apparate fehlen oder wegen Terrainschwierigkeiten nicht verwandt werden können.

Die Rückenverstäuber (Abb. 36 u. 37) sind aus Holz oder Metall gebaute, mit einem Blasebalg und zwei Tragegurten versehene Stäubeappa-

rate, die vom Arbeiter auf dem Rücken getragen werden. Der aus Leder oder präpariertem Zellstoff hergestellte Blasebalg, der durch Hebelübersetzung mit der linken Hand zu bedienen ist, befindet sich bei den Metallapparaten oben, bei den Holzapparaten an der Hinterseite. Die rechte Hand führt das Auspuffrohr. Die Metallapparate fassen durchschnittlich 12, die Holzapparate 6 kg Stäubemittel. Der Deckel der Einfüllöffnung kann als Schöpflöffel benutzt werden. Die Rückenverstäuber haben sich besonders im deutschen Weinbau als sogenannte „Rückenschwefler" allgemein eingeführt und werden auch im Obstbau viel verwandt.

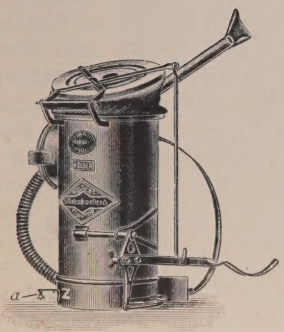


Abb. 36.
Rückenverstäuber. (Holder.)

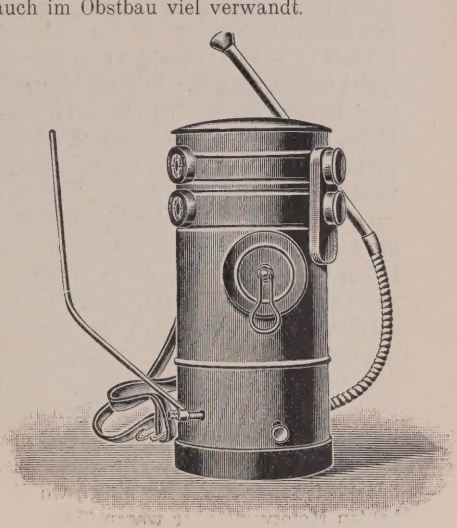


Abb. 37.
Rückenverstäuber. (Altmann.)

Die mit einer Windfege ausgestatteten Sattelverstäuber werden vor dem Reiter auf dem Rücken eines Reittieres (Pferd oder Maultier) getragen und vom Reiter durch Kurbeldrehung bedient. Die Apparate besitzen zwei Auspuffrohre, die zu beiden Seiten des Reittieres in fester Stellung angebracht sind und die Staubwolken nach beiden Seiten ausstoßen. Die Sattelverstäuber sind auf mittelgroßen amerikanischen Farmen in Gebrauch; sie sind billig, leicht beweglich und auch an Stellen zu gebrauchen, wo Motorverstäuber nicht verwendbar sind. Durch die feste Stellung der Auspuffrohre ist eine sorgfältige Bestäubung der einzelnen Pflanze nicht möglich, die Apparate kommen daher nur als Ergänzung der Motorverstäuber und meist nur im Feldbau in Frage.

Als Schulterverstäuber kann man Stäubeapparate bezeichnen, die von der Größe der Sattelverstäuber sind und auf einer Tragbahre von zwei Arbeitern auf den Schultern getragen werden. Der hintere Arbeiter bedient die Kurbel der Windfege, der vordere Arbeiter führt das Auspuffrohr. Die Apparate werden in Amerika im Feldbau verwandt, scheinen jedoch keine größere Verbreitung erlangt zu haben.

Bei den Karrenverstäubern liegt der Verstäubeapparat auf einem 1-, 2-, 3- oder 4räderigem Karren, der von einem oder zwei Zugtieren gezogen wird. Die treibende Kraft für die Windfege wird durch Zahnrad und Kettenübertragung von der Räderachse oder einem Laufrad geliefert. Bei den 1-, 2- oder 3räderigen Karrenverstäubern, die 20—45 Pfund Stäubemittel fassen, geht der Arbeiter hinter der Maschine und bedient sie an zwei Handgriffen ähnlich einem Pfluge. Die hornförmig nach oben und hinten gebogenen Rohre entlassen seitlich hinter dem Arbeiter die Staubwolken. Die 4räderigen, bis 60 Pfund Stäubemittel fassenden Karrenverstäuber besitzen an der Hinterseite ein Querrohr mit 3—4 Auspuffmundstücken, während der Arbeiter bei ihnen vom Führersitz des Wagens die Pferde lenkt und daher durch die Wolken nicht belästigt wird. Eine Störung der Staubwolke durch Winde sucht man bei diesen Verstäubern vielfach durch eine breite, an der Hinterseite des Karrenverstäubers angebrachte, die Auspuffrohre überdeckende und bis auf die Pflanzen herunterreichende, schirmartige Tuchhaube zu vermeiden, unter welcher die Verstäubung erfolgt. Die Windfege soll bei den Karrenverstäubern nach Palm[1]) bis zu 1200 Umdrehungen in der Minute machen können. Die Karrenverstäuber sind in den amerikanischen Baumwollbezirken viel im Gebrauch und werden wegen ihrer Betriebssicherheit und leichten Beweglichkeit besonders dort bevorzugt, wo die schweren und komplizierter gebauten Motorverstäuber wegen Terrainschwierigkeit oder des Tiefstandes der Baumwollarbeiter nicht verwandt werden können. Seit einiger Zeit wird auch in Deutschland von der Deidesheimer Apparatebau G. m. b. H. in Deidesheim (Rheinpfalz) ein 2räderiger Karrenverstäuber gebaut, dessen Ventilator von einem leicht auszuschaltenden Laufrad aus betrieben wird. Der Apparat hat 8, durch Zwischenschaltung von Gummischläuchen leicht in jeder gewünschten Richtung verstellbare und durch ein Eisengestänge gehaltene Auswurfrohre.

Die Motorverstäuber sind auf 2- oder 4räderigen Wagen oder auf Schlitten montierte Stäubeapparate, bei denen ein Benzinmotor seine Kraft an einen direkt mit seiner Welle gekuppelten Hochdruck-Zentri-

[1]) Palm, B. T.: Mededeel. Deli Proefstation, Medan, Sumatra, 1923, 2. Serie Nr. 29 und 30.

fugal-Ventilator abgibt. Der vom Ventilator erzeugte Luftzug reißt in einem Rohr- oder einer besonderen Luftkammer, in welche aus einem Vorratsbehälter durch eine Zuführungsvorrichtung bestimmte Mengen des Stäubemittels fallen, das Pulver mit sich fort und führt es durch das Auswurfrohr ins Freie. Der Ventilator macht 2000—4000 Umdrehungen in der Minute. Die Stärke der Verstäubung ist durch den Gang des Motors zu regulieren und kann auf 1 kg je Morgen herabgedrückt werden. Die Auswurfrohre sind je nach den Pflanzen, die behandelt werden sollen, verschieden; bei den für den Feldbau bestimmten Motorverstäubern wird

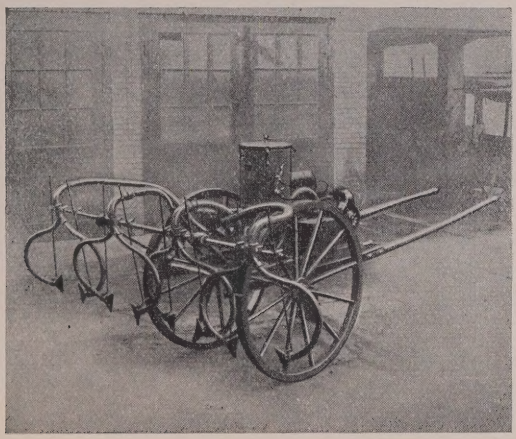


Abb. 38. Karrenverstäuber.

das Stäubemittel meist durch 8 leicht verstellbare und durch Eisengestänge gehaltene Gummischläuche ausgeworfen (Abb. 38). Die im Obstbau, in Baumwollkulturen und in der Forstwirtschaft verwandten Motorverstäuber besitzen bis zu 5, in der Regel jedoch nur 1—2, leicht bewegliche, von Arbeitern zu führende Auspuffrohre, da es in diesen Kulturen weniger auf eine gleichmäßige Verteilung des Stäubemittels, als auf eine sorgfältige Bestäubung jeder einzelnen Pflanze ankommt. Die Staubwolke wird bei dem Motorverstäuber der Firma Platz, Ludwigshafen a. Rh. (Abb. 39 u. 40), aus einem 10 cm weiten Auspuffrohr und bei Verwendung eines 2 m langen Ansatzstückes bis zu einer Höhe von 12 m getrieben, so daß auch eine Behandlung höherer Bäume möglich ist. Bei den auf Wagen montierten Motorverstäubern ist häufig die Spurweite der Wagen

je nach den Pflanzreihen zu verstellen, für den Fortbetrieb kann der Motorverstäuber auch auf Schlitten montiert werden, um ohne Benutzung von Wegen Waldverstäubungen vornehmen zu können. Die Motorverstäuber haben sich in Amerika besonders in den Großbetrieben der Baumwollgebiete zur schnellen Bestäubung großer Flächen vorzüglich bewährt; sie sind in Deutschland bisher nur im Forstbetrieb [1]) zur Verwendung gekommen. Ob sie für den deutschen Obstbau Bedeutung

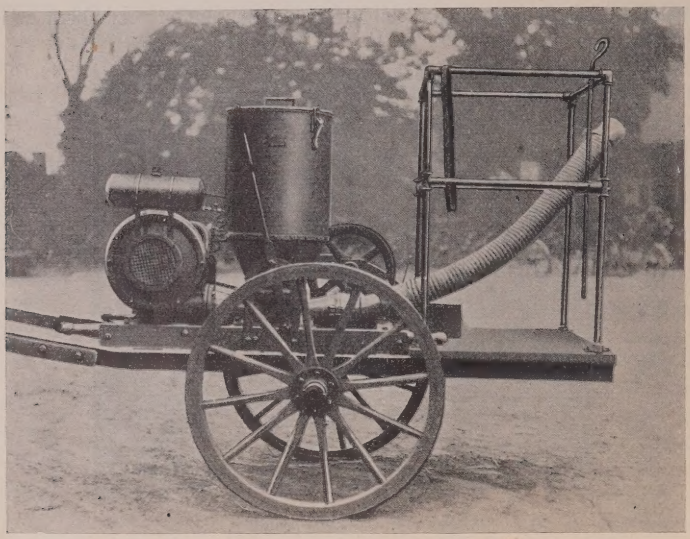


Abb. 39. Motorverstäuber Platz. (Nach H. Sachtleben.)

erlangen werden, hängt von der Verwendungsmöglichkeit der Stäubemittel im deutschen Obstbau ab.

Einen weiteren Ausbau erfuhren die Motorverstäuber dadurch, daß man versuchte, sie einerseits gleichzeitig als Mischbehälter für die Herstellung der Stäubemittel zu benutzen, andererseits mit ihnen auch Spritzflüssigkeit zu zerstäuben. Eine selbstmischende Stäubemaschine bauten R. E. Smith und J. R. Martin [2]), bei welcher der Benzinmotor einer-

[1]) Sachtleben, H.: Arbeiten a. d. Biologischen Reichsanstalt, 1926, Bd. 15, S. 19; Gasow: Arbeiten a. d. Biologischen Reichsanstalt, 1926, Bd. 15, S. 99.

[2]) Smith, R. E. und Martin, J. R.: Calif. Ex. Stat., Bull. 357, 1923.

seits ein im Füllbehälter befindliches Rührwerk und schnell rotierende Reibflächen zur Mischung des Stäubemittels, andererseits den das fertige Stäubemittel ausstäubenden Ventilator treibt. Einen kombinierten Spritz- und Stäubeapparat beschreibt A. Kelsall[1]), der als Motorverstäuber

Abb. 40. Motorverstäuber Platz in Tätigkeit.

und auch zum Verspritzen von Flüssigkeiten durch Druckkraft verwandt werden kann.

Die bisher besprochenen Stäubeapparate sahen eine Behandlung der Pflanzen vom Erdboden aus vor. Es ist das Verdienst des deutschen Oberförsters Zimmermann in Schleswig, als erster auf eine Behandlung von der Luft, d. h. von einem Luftfahrzeug aus, aufmerksam ge-

[1]) Ann. Rap. Trust. Growers' Assoc. Nova Scotia, 1924, S. 38.

macht zu haben. Das ihm am 17. Dezember 1912 erteilte deutsche Reichspatent [1]) Nr. 247 028 sah ein Verspritzen oder Verstäuben von Schädlingsbekämpfungsmitteln von einem über den zu behandelnden Waldschlägen kreuzenden Luftfahrzeug und Zerstäubungsvorrichtungen vor, die von dem Motor des Propellers in Tätigkeit gesetzt werden. Das Verfahren kam infolge des Krieges nicht zur Durchführung und geriet sogar vollständig in Vergessenheit. Die erste praktische Ausführung erfolgte erst 1921 im Staate Ohio der Ver. Staaten von Amerika zum Schutze von Katalpa-Beständen gegen Raupenfraß. Auf Grund der dabei erzielten günstigen Ergebnisse wurde das Verfahren darauf in vielen anderen Staaten — in Deutschland zur Bekämpfung von Forstschädlingen, in Rußland in erster Linie zur Bekämpfung von Heuschrecken — angewandt. Die „Arsenbeflüge" werden meist mit Passagierflugzeugen durchgeführt. Die in der Passagierkabine eingebauten Streukästen werden mit dem Stäubemittel gefüllt. Ein am Boden des Streukastens angebrachtes Auslaufrohr kann vom Piloten durch Hebelübertragung geöffnet und geschlossen werden. Unter dem Auslaufrohr befindet sich eine durch den Propellerwind in Rotation versetzte Flügelschraube, die das auslaufende Pulver fein verteilt und nach allen Seiten auseinanderschleudert. Das Pulver zieht als dichte Wolke hinter dem Flugzeug her und läßt sich langsam auf die zu behandelnde Kultur herab (Abb. 41). Durch mehrfachen Hin- und Herflug wird die ganze Fläche mit dem Pulver überstäubt, wobei die Ränder der einzelnen Streustreifen immer wieder etwas überdeckt werden müssen. Für die Flugrichtung ist die Windrichtung von großer Bedeutung; bei größerer Windstärke ist die Ausführung der Arsenbeflüge unmöglich. Zur exakten Aneinanderlegung der Streustreifen ist es notwendig, die Flughöhe 6—20 m über den Pflanzen zu wählen. Da die größte Flugsicherheit erst in größerer Höhe gegeben ist und bei niedrigem Fliegen die Unsicherheit des Fluges und die Schwierigkeit der Steuerung infolge der Böen und durch das Auswerfen der großen Pulvermengen wachsen, erfordert das Verfahren ein gutes Orientierungsvermögen und die höchste Leistungsfähigkeit des Piloten. Bei den deutschen Arsenbeflügen wurden bei einer Geschwindigkeit von 120 km in der Stunde durchschnittlich 50 kg des Stäubemittels auf 1 ha verbraucht, und bei einer Tagesleistung von vier Flugstunden ungefähr 60 ha behandelt. Die Verwendung von Stäubeflugzeugen wird wegen der relativ hohen Kosten (z. Z. 50 RM pro ha) keine allgemeine Verbreitung finden; sie wird aber dort am Platze sein, wo andere Bekämpfungsmethoden nicht anwendbar

---

[1]) Nach Prell, H.: Anzeiger für Schädlingskunde, 1925, 1. Jahrg., S. 141.

sind. So ist in den unwegsamen Sumpfgegenden Südrußlands die Heuschreckenbekämpfung nur mit Stäubeflugzeugen möglich.

Im Anschluß an die Stäubeflugzeuge mag noch angeführt werden, daß auch der Plan erwogen worden ist, die Stäubemittel in Schrapnellhülsen zu verpacken und mittels Kanonen abzuschießen. Die durch Zeitzünder über den bedrohten Flächen zur Explosion gebrachten Schrapnells sollten dann das Stäubemittel auf die Pflanzen ausstreuen. Durch plan-

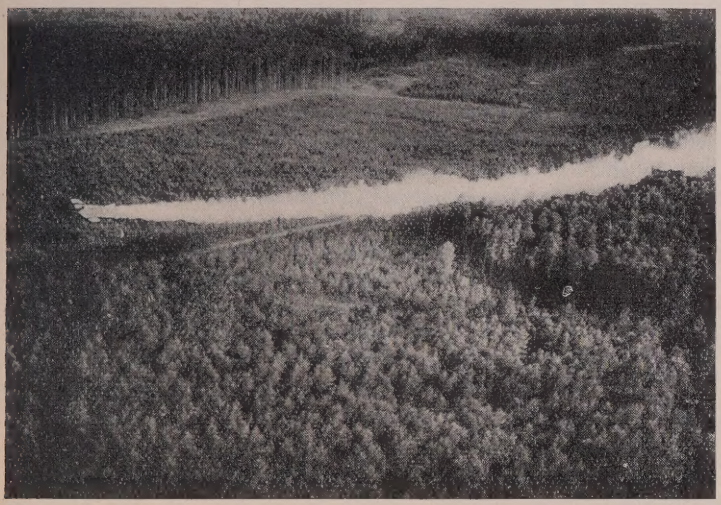


Abb. 41. Arsenverstäubung vom Flugzeug aus.
(Junkers Luftbild, zur Verfügung gestellt von E. Merck, Darmstadt.)

mäßiges Beschießen könnten so ganze Geländeabschnitte mit dem Pulver eingestäubt werden. Das Verfahren dürfte mit so viel Schwierigkeiten verknüpft sein, daß an seine praktische Verwendbarkeit nicht zu denken ist. Es leitet aber über zum Vernebelungsverfahren (s. S. 376), bei welchem u. a. auch Arsenmittel in äußerst feiner Form („Nebel") verteilt und über die Pflanzen ausgebreitet werden.

Die Verwendung von giftigen Stäubemitteln macht noch Schutzmaßnahmen notwendig, die Gesundheit der die Verstäubung ausführenden Arbeiter zu schützen. Es kommen hier in erster Linie Apparate zum Schutze der Augen, der Nase und des Mundes in Betracht. Nach

H. Zillig[1]) haben sich von den deutschen Fabrikaten die Staubschutzbrille der Firma Dr. A. Geissen, Watte- und Verbandstoff-Manufaktur „Sanitas" in Mannheim, und der Respirator „Lungenheil" der Firma Cloetta & Müller in Stuttgart gut bewährt.

c) Art der Stäubemittel

Die Stäubemittel zeigen nicht die gleiche Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung wie die Spritzmittel. Auch bei ihnen lassen sich die zur Verwendung kommenden chemischen Mittel zu folgenden Gruppen zusammenfassen.

Nikotin

Das einfachste nikotinhaltige Stäubemittel ist feingemahlener Tabakstaub. Reiner trockener Tabakstaub ist als Insektizid wertlos, da das in ihm enthaltene Nikotin erst dann zur Wirkung kommt, wenn es als gasförmiges, freies Nikotin abgegeben ist (s. S. 185). Eine Zugabe von Wasser bewirkt schon eine leichte, wenn auch ungenügende Freigabe des Nikotins. Immerhin zeigt Tabakstaub auf feuchten Pflanzen bereits eine deutliche Wirkung, während er auf trockenen Pflanzen ohne Einfluß auf die Schädlinge ist. Eine schnellere und vollständige Freimachung des Nikotins wird erreicht, wenn man Tabakstaub mit basischen Chemikalien z. B. Kalziumhydroxyd versetzt. Eine Mischung von Tabakstaub mit gelöschtem Kalk im Verhältnis von 1 : 1 hat sich nach amerikanischen Versuchen zur Blattlausbekämpfung als geeignet erwiesen.

Die Wirkung des Tabakstaubes hängt weiterhin von der Feinheit des Pulvers ab; so tötete nach Versuchen von Mc Leod und Harman[2]) ein Tabakstaub von 50 Maschen Feinheit (auf 1 Zoll) nur 12,4 Proz. der Tiere, während bei einem Tabakstaub von 200 Maschen Feinheit 91,4 Proz. der Blattläuse eingingen. Da Tabakstaub bei längerer und unsachgemäßer Lagerung seinen Nikotingehalt bald verliert und dann ungenügende insektizide Wirkung zeigt, werden seit einigen Jahren in Amerika Stäubemittel mit bestimmtem Nikotingehalt auf die Weise hergestellt, daß Tabakextrakt oder Nikotinsulfat in bestimmter Menge einem Trägerstoff zugesetzt werden. Als Trägerstoff wurde anfangs Kaolin benutzt, das billig, leicht zu mahlen und chemisch träge ist; da Kaolin jedoch zu viel Nikotin absorbierte, wurde es bald durch gelöschten Kalk ersetzt. Neben Kalzium-

---

[1]) Zillig, H.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922, S. 25.

[2]) Zit. nach Riehm, E.: Mitteilungen aus der Biol. Reichsanstalt, 1925, Heft 26, S. 56.

hydroxyd und Kaolin kommen noch feingemahlener Schwefel, Kalziumkarbonat, Magnesiumkarbonat und Kieselgur als Trägerstoffe in Betracht. Chemisch träge oder gar indifferente Stoffe (Kaolin, Talkum) sind als Trägerstoffe nicht so brauchbar wie basische, aktive Trägerstoffe (Kalziumhydroxyd), die insbesondere bei Nikotinsulfat durch die Bindung der Schwefelsäure das Nikotin in Freiheit setzen und dadurch die Wirkung des Stäubemittels erst ermöglichen. Bei Verwendung von Kalk als Trägerstoff entsteht außer dem freien Nikotin noch Ammoniak, wodurch die toxische Wirkung des Stäubemittels gesteigert wird. Von guter Wirksamkeit hat sich in Amerika ein Gemisch von Nikotinsulfat (Black-Leaf 40) + Schwefel + Kalk erwiesen; nach R. E. Smith[1]) bilden sich bei dieser Kombination vielleicht Nikotinsulfide, die noch flüchtiger und wirksamer zu sein scheinen als das Nikotin. Gelöschter Kalk ist dem gebrannten Kalk als Trägerstoff vorzuziehen, da die durch Kalziumoxyd bewirkte Erhitzung zu große Nikotinverluste mit sich bringt. Bei der die Nikotinabgabe fördernden Wirkung der Kieselgur ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) sollen nach Th. J. Headlee und W. Rudolfs[2]) die chemischen Umsetzungen durch katalytische Wirkung des Magnesiums stark begünstigt werden. Für die Tätigkeit des aktiven Trägerstoffes ist ein geringer Feuchtigkeitsgrad der Luft und des Stäubemittels zur Beschleunigung der chemischen Reaktion günstig, doch darf der Feuchtigkeitsgrad der Stäubemittel nicht zu hoch sein, um nicht zu viel Nikotin in Lösung gehen zu lassen und die Stäubbarkeit des Mittels nicht zu beeinträchtigen.

Wegen der ungleichmäßigen Verteilung und des weniger innigen Kontakts mit den Insekten ist der Materialverbrauch bei den Nikotinstäubemitteln wesentlich höher als bei den Nikotinspritzmitteln. Der Vorteil der Nikotinstäubemittel ist, wie bei jedem Stäubemittel, die schnellere Anwendungsmöglichkeit auch auf großen Flächen und die Unabhängigkeit vom Wasser. Die Anwendung der Mittel geschieht am besten an warmen, windstillen Tagen, da durch höhere Temperatur die Nikotinabgabe begünstigt und die Wirksamkeit der Mittel stark gesteigert wird.

Anwendung finden die Nikotinstäubemittel besonders in Amerika zur Bekämpfung von Blattläusen, Thrips und Raupen. Sie werden dort allein oder mit Schwefel, Bleiarseniat, Bordeaux-Stäubemitteln oder anderen trockenen Fungiziden zusammen zur gleichzeitigen Bekämpfung mehrerer Schädlinge verstäubt. Zur Selbstherstellung werden u. a. folgende Rezepte empfohlen:

---

[1]) Smith, R. E.: Agric. Exp. Station Berkeley Calif., 1921, Bull. 336.

[2]) Headlee, Th. J. und Rudolfs, W.: New Jersey Agric. Exp. Stat., 1923, Bull. 381.

72 Teile Kaolin + 24 Teile gel. Kalk + 4 Teile Nikotinsulfat 40 Proz.
95 Teile gel. Kalk + 5 Teile Nikotinsulfat
54 Teile gel. Kalk + 40 Teile Schwefel + 6 Teile Nikotinsulfat.

Zur Selbstherstellung sind in Amerika besondere Mischapparate (Mischtrommeln) im Gebrauch; weiter wurden auch besondere Stäubeapparate (self mixing-duster) gebaut, die Nikotinsulfat und Trägerstoff getrennt enthalten und erst im Augenblick der Anwendung das Stäubemittel („dust") mischen (vgl. S. 266). Die Vorteile der Selbstbereitung bestehen darin, daß die Mittel billiger werden, stets frisch zubereitet sind und daher immer den gewünschten Nikotingehalt führen. Trotz dieser Vorteile ziehen viele Farmer aus Bequemlichkeitsgründen die von der Industrie hergestellten Fertigpräparate vor, die als „Nicodust", „Nicosulphur" usw. in Amerika allgemein bekannt sind. Bei den Handelspräparaten muß auf die dichtschließende Verpackung der größte Wert gelegt werden, da bei schlechter Verpackung die Präparate durch Nikotinverlust völlig wertlos werden. Beim Aufbewahren eines 1,25 Proz. Nikotin enthaltenden Stäubemittels im offenen Behälter sank nach amerikanischen Versuchen der Nikotingehalt innerhalb 24 Stunden auf 1,07 Proz., nach 5 Tagen auf 0,35 Proz. und nach 15 Tagen auf 0,12 Proz. Paraffinierte Packungen reichen nach den amerikanischen Erfahrungen nicht aus; am besten sind luftdichtschließende Metall- oder Glasbehälter, die die Preise der Handelspräparate ungünstig beeinflussen. In Deutschland haben sich bisher nikotinhaltige Stäubemittel nicht eingebürgert, da in den Kleinbetrieben den besser wirkenden Nikotinspritzmitteln vor den Stäubemitteln der Vorzug gegeben wird und auch größere Betriebe, z. B. des Hopfenbaues, die Anwendung der nikotinhaltigen Spritzmittel noch ermöglichen.

Pyrethrum

Pyrethrum oder Insektenpulver (vgl. S. 189) besitzt als Stäubemittel zur Bekämpfung von Haus-Ungeziefer[1]) (Bettwanzen, Küchenschaben, Flöhe) volkstümliche Bedeutung. Als reines Pulver kommt es für den Pflanzenschutz wegen seines hohen Preises nicht in Betracht, wohl aber wird es zur Herabsetzung der Kosten und zur besseren Verteilungsmöglichkeit mit den verschiedensten Streckmitteln (Schwefel, Mehl, Gips, Kalk, Straßenstaub) gemischt (1 Teil Pyrethrum mit 3 Teilen Streckmittel)

[1]) Zur Fliegenbekämpfung in Wohnräumen und Stallungen empfiehlt J. Wilhelmi (Die Fliegenplage und ihre Bekämpfung. Verlag Deleiter, Dresden 1927) die Pyrethrum enthaltenden Stäubemittel Pereat (J. W. Riedel A.-G., Berlin-Britz), Blatton (Deutscher Desinfektionsdienst, Berlin-Lichterfelde, Gélieustr.) und Noxin (Deutsche Desinfektions-Bedarfs-A.-G., Berlin-Weißensee).

und zur Bekämpfung von kleineren Raupen, Afterraupen, Blattläusen, Spinnmilben und Erdflöhen empfohlen. In seiner Wirkung, die durch lange und unsachgemäße Lagerung beeinträchtigt wird, steht es hinter den Pyrethrumseifenlösungen zurück, insbesondere zeigen größere Insekten (Käfer, Raupen) oft eine ziemlich große Widerstandsfähigkeit gegen Pyrethrumpulver.

Kupferhaltige Stäubemittel

Als Ersatz der Kupferkalkbrühe (vgl. S. 211) haben verschiedentlich kupferhaltige Stäubemittel zur Bekämpfung pilzlicher Pflanzenschädlinge Verwendung gefunden, um eine schnellere Behandlung größerer Flächen zu ermöglichen. Die selbst zubereiteten oder fabrikmäßig hergestellten Mischungen bestanden häufig aus entwässertem Kupfersulfat und Kalkstaub, denen oft Arsenverbindungen (Kalziumarseniat) beigegeben wurden, um eine gleichzeitige fungizide und insektizide Giftwirkung zu erreichen. Es hat sich durchweg gezeigt, daß die Kupferarsenpulver sowohl gegen beißende Insekten als auch gegen pilzliche Schädlinge nicht so wirksam waren wie Arsenkupferkalkbrühen, daß sie aber z. B. im Weinbau bei mittelstarkem Auftreten der Peronospora noch zu guten Ergebnissen führen. Bei den Stäubemitteln werden, entsprechend dem Verbrauch an Material, auch größere Mengen Kupfer benötigt, als bei den Spritzmitteln. Von den in Deutschland fabrikmäßig hergestellten kupferhaltigen Stäubemitteln haben sich bisher als brauchbar erwiesen die Mittel Cusisa und Cusarsen der Chemischen Fabrik E. Merck, Darmstadt, das Horstsche Kupferstaubmittel der Firma Horst & Co., Frankfurt a. M., und Nosperit der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M.

In Amerika werden zahlreiche als „Fungi Bordeaux dust", „Niagara Potato dust", „Green Copper Arsenic dust", „Sanders dust", „Bordeaux powder" usw. bezeichnete Handelspräparate erfolgreich verwandt.

Wasserfreies, feingepulvertes Kupfersulfat wird in Amerika als gutes Stäubemittel in einer Anwendungsmenge von 8 pds je acre (= 40,4 a) zur Schneckenbekämpfung empfohlen; von den Handelspräparaten wurde auch „Fungi Bordeaux dust" mit Erfolg gegen Schnecken benutzt.

Schwefelhaltige Stäubemittel

Reiner Schwefel ist in fein verteilter Form eines der ältesten und bekanntesten Pflanzenschutzmittel. Auf seine Brauchbarkeit zur Bekämpfung des Pfirsichmehltaues wurde schon 1821 von J. Robertson hingewiesen, seine Wirkung auf den Rebenmehltau soll 1846 von dem Gärtner Kyle in Leyton entdeckt worden sein.

Zu Pflanzenschutzzwecken wurde lange Zeit sowohl der in seinen

natürlichen Lagerstätten in Sizilien und Louisiana gebrochene und fein gemahlene Schwefel als auch die durch Sublimation gewonnenen „Schwefelblumen" verwandt. Heute wird zur Anwendung im Pflanzenschutz nur noch feingemahlener Schwefel empfohlen, da er aus kleinen, scharfkantigen Kristallsplitterchen besteht und daher eine wesentlich größere Haftfähigkeit zeigt als der aus runden Partikelchen bestehende sublimierte Schwefel. Außerdem enthält der sublimierte Schwefel häufig freie Schwefelsäure und verursacht daher leichter starke Beschädigungen der behandelten Pflanzen.

Da die Wirkung des Schwefelpulvers mit dem Feinheitsgrad steigt, war man von jeher bestrebt, diesen Feinheitsgrad durch feine Mahlung und durch Aussieben der größeren Partikelchen zu steigern. Der Feinheitsgrad[1]) wird durch mikroskopische Messung, durch Feststellung des Schüttegewichts (vgl. S. 254) oder durch Messung mit dem Sulfurimeter von Chancel festgestellt und im letzten Falle in Graden nach Chancel ausgedrückt (vgl. S. 255). Das Verfahren von Chancel ist nur bei reinen Schwefelsorten, nicht aber bei Schwefelpräparaten, die größere Verunreinigungen enthalten (Präschwefel), möglich; hier ist der Feinheitsgrad mit Hilfe von Sieben oder Gaze mit bekannter Maschenweite (s. S. 254) leicht feststellbar. Gemahlener, zur Schädlingsbekämpfung geeigneter Schwefel soll einen Feinheitsgrad von mindestens 70° Chancel aufweisen. Einen besonders hohen Feinheitsgrad (durchschnittlich 90°) zeigen die geblasenen Schwefel, wie der italienische „Ventilato-Schwefel", der durch feine Seidengaze geblasen („ventiliert") und dadurch von allen gröberen Partikelchen getrennt ist. In Deutschland wird seit einigen Jahren von der Chemischen Fabrik Andernach A.-G. in Düsseldorf ein dem sehr begehrten italienischen Ventilato-Schwefel gleichwertiger, als „Sulfurella" bezeichneter Schwefel hergestellt. Wie der feingemahlene Schwefel trotz seiner höheren Gestehungskosten dem Verbraucher doch billiger zu stehen kommt als billigere, aber minderwertige Ware, zeigen folgende nach K. Müller zitierte Angaben:

	Parzelle I Ventilato 85° Ch	Parzelle II Raffinato 50° Ch	Parzelle III Floristella 42° Ch
Preis für 100 kg	M. 17.25	M. 13.—	M. 12.—
Verbrauch unter gleichen Bedingungen	1,15 kg	3 kg	4,75 kg
Kosten für Schwefel auf 25 ar . . .	M. 3.75	M. 6.93	M. 10.55

[1]) Messung des Feinheitsgrades vgl. Windisch, K.: Landw. Jahrb., 1901, d. 30, S. 457 und Kroemer, K.: Wein und Rebe, 2. Jahrg., 1920.

Die Wirkungsweise des Schwefels ist bisher noch unbekannt, zu ihrer Erklärung sind jedoch die verschiedensten Theorien aufgestellt worden.

Die erste Theorie nahm einen mechanischen Schutz der Pflanze durch den Schwefelbelag an, wie er auch in gewissem Grade durch andere staubförmige Mittel (Straßenstaub) bei völlig lückenlosem Belage beobachtet worden ist. Auch auf Luftabsperrung oder Wasserentzug ist die Wirkungsweise eines lückenlosen Staubbelages zurückgeführt worden. Diese Ansichten sind abzulehnen, da sie die Wirkung des Schwefels bei lückenhaftem Belag und selbst an ungestäubten Blättern und die Steigerung der Wirkung durch Wärme nicht erklärt.

Eine zweite Theorie, die die Wirkung der Schwefelblumen durch Brennlinsenwirkung der runden Schwefelteilchen erklärt, ist wegen der vorzüglichen Wirkung des sicherlich keine Brennlinsenwirkung zeigenden gemahlenen Schwefels abzulehnen.

Die dritte Theorie, die von Muth[1]) aufgestellt wurde, geht von der Tatsache aus, daß das dem Schwefel nah verwandte Element Selen photoelektrische Empfindlichkeit besitzt, und daß auch dem Schwefel diese Eigenschaft zukommt. Unter dem Einfluß des Lichtes sollen nach dieser Theorie die Schwefelmoleküle negative Elektronen ausstrahlen, die die fungizide Wirkung ausüben. Die Theorie erklärt nicht die Fernwirkung des zwischen die Rebzeilen ausgestreuten Schwefels auf die unbehandelten Rebblätter.

Die vierte Theorie ging von der guten Wirkung des häufig Schwefelsäure und schweflige Säure enthaltenden sublimierten Schwefels aus und nahm als Ursache der Wirkung den Gehalt des Schwefels an diesen Säuren an; die Theorie erklärt nicht die Wirkung des gemahlenen Schwefels, der frei von schwefliger Säure ist. Auch der Gehalt des sogenannten löslichen Schwefels (Kolloidschwefel) an Pentathionsäure oder eine Bildung dieser Säure auch bei Pulverschwefel wurde neuerdings in der amerikanischen Literatur als Ursache der Wirkung angenommen[2]).

Die fünfte Theorie nimmt an, daß durch flüssige oder gasförmige Ausscheidungen der Rebblätter oder der Pilze der an sich ungiftige Schwefel in eine wirksame Form (SO_2) übergeführt wird. Auch diese Therie erklärt nicht die Fernwirkung des Schwefels.

---

[1]) Muth, F.: Wein und Rebe, 2. Jahrg., 1920, S. 411.

[2]) Young, H. C.: Annals of the Missouri Botanical Garden, 1922, Vol. 9, S. 403; vgl. auch Vogt, E.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 1925, 4. Jg., S. 228.

Die sechste Theorie berücksichtigt einerseits die Fernwirkung des nur zwischen den Rebzeilen ausgestreuten Schwefels auf die unbehandelten Blätter, andererseits die durch starke Sonnenbestrahlung gesteigerte Wirksamkeit des Schwefels. Die Erfahrungen haben gelehrt[1]), daß bei einer Temperatur von 30—40° C die fungizide Wirkung am stärksten ist und daß die Pilze bei diesen Temperaturen innerhalb drei Tagen abgetötet werden, daß bei 25—30° C die Abtötung erst nach fünf Tagen erfolgt und daß unter 25° C der Schwefel nur sehr langsam wirkt. Man nahm nun an, daß unter Einwirkung von Wärme, Licht, Luft (Sauerstoff), Feuchtigkeit entweder schweflige Säure oder Schwefelwasserstoff gebildet wird. Insbesondere die Entstehung von schwefliger Säure ist von vielen Autoren vermutet worden; man glaubte, daß an heißen Tagen das Schwefeldioxyd lange sich zwischen den Rebzeilen in einer wirksamen Konzentration hielt, und man glaubte auch an solchen Tagen einen deutlichen Schwefeldioxydgeruch in den geschwefelten Weinbergen wahrnehmen zu können. In exakter Versuchanstellung, wie sie von F. Muth und E. Vogt durchgeführt wurde, ist es jedoch nicht gelungen, diese Theorie zu stützen; die Versuche von E. Vogt[2]) ergaben, daß unter der bloßen Einwirkung von Licht, Luft und Luftfeuchtigkeit fein verteilter Schwefel weder zu Schwefeldioxyd oxydiert noch zu Schwefelwasserstoff reduziert wird. Es bleibt nun noch die Frage offen, ob bei hohen Temperaturen der Schwefel nicht sublimiert, d. h. verdampft, sich als feiner Schwefelbelag auf den Blättern ablagert und auch in dieser Dampfform eher zu Umsetzungen, die die fungizide Wirkung bedingen, fähig ist. Nach E. Vogt ist allerdings die Verdampfungsgeschwindigkeit des Schwefels selbst bei feinster Verteilung und hohen Lufttemperaturen nur gering, immerhin glaubte jedoch schon Bourcart 1913 (S. 46), nach dessen Ansicht ein geschwefeltes Gewächshaus oder ein geschwefelter Weinberg keinen Schwefeldioxyd- oder Schwefelwasserstoffgeruch, wohl aber einen Geruch nach verdampfendem Schwefel hat, an diese Wirkungsweise des Schwefels. Auch die Verdampfung des Schwefels erklärt noch nicht die eigentliche fungizide Wirkung des Schwefels auf die Pilze.

Über die Wirkung des Schwefels auf Spinnmilben, für die Schwefel und schwefelhaltige Mittel ein spezifisches Gift sind, ist noch nichts bekannt; auch sind diese tierischen Schädlinge bei der Aufstellung der oben genannten Theorien niemals berücksichtigt worden.

Der Wirkungsbereich des Schwefels erstreckt sich in erster Linie nur auf Mehltaupilze und auf Spinnmilben; Versuche, den Schwefel

[1]) Bourcart: 1913, S. 45.

[2]) Vogt, E.: Angewandte Botanik, 1924, Bd. 6, S. 276.

auch gegen andere pilzliche Krankheitserreger, z. B. Fusikladium an Äpfeln und Birnen, und gegen Blattläuse und Thrips anzuwenden, blieben mehr oder weniger erfolglos oder standen hinter der Wirkung anderer chemischer Mittel weit zurück.

Die Anwendung des pulverförmigen Schwefels erfolgt mit Hilfe besonderer, vielfach als „Hand"- und „Rückenschwefler" bezeichneter Verstäubeapparate (vgl. S. 258); die früher oft übliche Verteilung mittels der sog. „Schwefelquaste" wird heute wegen der umständlichen und ungleichmäßigen Verteilung nicht mehr angewandt. Das Verstäuben erfolgt bei ruhigem, trockenem Wetter auf die trockenen Pflanzen. Da der verstäubte Schwefel im Gegensatz zu den schwefelhaltigen Spritzbrühen eine sehr geringe Haftfähigkeit besitzt, ist oft ein Schwefeln auf taufeuchte Pflanzen empfohlen worden, doch tritt bei dieser Methode leicht ein Zusammenballen des Schwefels in den einzelnen Tautröpfchen ein, wodurch die fungizide Wirkung des Schwefels herabgesetzt wird. Der Schwefel wird als Grundstoff oder als Hilfsstoff (Trägerstoff für andere Grundstoffe) angewandt. Als Grundstoff kommt er in reiner Form oder zur Materialersparnis mit einem Trägerstoff (Kalk, Gips, Kaolin, Straßenstaub, Mehl usw.) in einem bestimmten Verhältnis gemischt (oft 1 : 1) zur Verstäubung. Um ein „Klumpen" des Schwefels zu verhindern, wird der Schwefel kurz vor Gebrauch nochmals gesiebt und die vorhandenen Klumpen mit der Hand zerrieben, oder aber der trocken gelagerte Schwefel wird mit fein gesiebter Holzasche oder frisch gebranntem Kalk (1 Teil Holzasche + 9 Teile Schwefel) gemischt. Da die fungizide Wirkung des Schwefels in erster Linie eine vorbeugende ist und durch das Schwefeln meist nur die weitere Ausbreitung der Mehltaupilze verhindert wird, muß die Anwendung zeitig genug erfolgen. Zahl und Zeit der Bestäubungen hängen von der Lage und der Stärke des Befalles ab. Im Weinbau wird gegen Rebenmehltau meist die erste Bestäubung kurz vor dem Austrieb (Ende Mai), die zweite nach der Blüte (Ende Juni) und die dritte Bestäubung im Juli durchgeführt. Die Bestäubung muß nach stärkeren Regenfällen wiederholt werden. Die zur Verstäubung notwendige Menge hängt außer vom Feinheitsgrad des Schwefels und der Arbeitsweise des Verstäubeapparates sehr von der Erziehungsart und der Größe der Reben ab. Nach H. Zillig[1]) benötigt man im allgemeinen zum Schwefeln von $^1/_4$ ha (preußischer Morgen = 2500 Rebstöcke) 3—7 kg Pulverschwefel, die in etwa 5 Arbeitsstunden ausgestäubt werden können. Der Materialverbrauch an Schwefel ist beim Pulverschwefel wesentlich höher als bei Verwendung schwefel-

[1]) Zillig, H.: Flugblatt 55 der Biologischen Reichsanstalt.

haltiger Flüssigkeiten. Die ersten Schwefelungen gegen Rebenmehltau werden meist mit reinem Schwefel, die letzten oft, besonders bei großer Hitze, mit Mischungen von Schwefel und unschädlichen Hilfsstoffen ausgeführt, da bei sehr trockenem und sonnigem Wetter und reichlicher Verwendung von reinem Schwefel oft Beschädigungen der Blätter und Beeren beobachtet wurden. Temperaturen von 43° C an sollen leicht zu Beschädigungen Anlaß geben; bei diesen Wärmegraden wird häufig ein Ausstreuen des Schwefels auf den Boden zwischen den Rebzeilen dem Bestäuben der Reben selbst vorgezogen. Bei zu spätem Schwefeln der Reben nimmt der Most leicht Schwefelwasserstoffgeschmack (Böcksер-Geschmack) an, den man nach K. Müller jedoch durch baldiges Abziehen und Lüften des Weines wieder beseitigen kann.

Außer dem reinen Schwefel ist im Weinbau auch ein als Grauschwefel oder Präschwefel bezeichnetes Präparat als Stäubemittel verwandt worden, ein schwarzgraues Pulver von geringem Feinheitsgrad (30° Ch.) und einem durchschnittlichen Schwefelgehalt von 40 Proz., das bei der Gasreinigung als Abfallstoff gewonnen wird und sich als Ersatz des Schwefels bei nicht zu starkem Mehltaubefall als ausreichend wirksam erwiesen hat. Von den im Handel befindlichen Schwefelstäubemitteln, die außer Schwefel meist noch andere Haftstoffe enthalten, sind Elosal-Neu der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M., und Oidal der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt, Frankfurt a. M., als brauchbar zu nennen.

Zur Bekämpfung verschiedener Schädlinge wird Pulverschwefel besonders in Amerika mit anderen Grundstoffen wie Nikotin, Bleiarseniat, Schwefelkalkpulver gemischt, wobei dem Schwefel allerdings oft nur der Charakter als Trägerstoff zukommt. In der amerikanischen Literatur als brauchbar empfohlene Mischungen sind auf S. 282 u. 283 zusammengestellt.

Nachdem die in den Jahren 1852—1854 in Frankreich herrschende Mehltauplage, die in kurzer Zeit die Weinernte auf ein Viertel der Normalernte herabdrückte, durch Anwendung von Pulverschwefel erfolgreich bekämpft worden war, ist der Schwefel eines der wichtigsten und bekanntesten Rebschädlingsbekämpfungsmittel geworden. Heute verbraucht Frankreich jährlich über 1 Million Doppelzentner Schwefel zur Bekämpfung des Rebenmehltaues. Auch für Deutschland, wo im Jahre 1915 im Weinbau 5000 Tonnen Schwefel (= $1^1/_4$ Millionen Mark) verbraucht wurden, ist der Schwefel ein ständiges und zur Erhaltung der Weinernte notwendiges Bekämpfungsmittel. Aufbewahrung und bequeme Anwendbarkeit sichern dem Pulverschwefel vor allem in Großbetrieben einen großen Vorsprung vor den schwefelhaltigen Spritzmitteln; auch in Kleinbetrieben (Obstgärten, Gärtnereien) hat er zur Bekämpfung von Mehltaupilzen und

Spinnmilben in reiner Form oder als Handelspräparat Anerkennung und Anwendung gefunden.

Arsenhaltige Stäubemittel

Auch die Arsenstäubemittel besitzen, ähnlich wie die schwefelhaltigen Stäubemittel, bei weitem nicht die Mannigfaltigkeit, die den Arsenspritzmitteln (s. S. 234) eigen ist, eine Tatsache, die mit durch die noch verhältnismäßig kurze Anwendungszeit der Stäubemittel bedingt ist. Das wichtigste Arsenstäubemittel ist zur Zeit Kalziumarseniat, weiter wird Bleiarseniat und in beschränktem Umfang Schweinfurtergrün verstäubt. Die Arsenpulver werden niemals in reiner Form angewandt, als Trägerstoff kommen Kalziumkarbonat, Kalziumoxyd, Gips, Straßenstaub, Kieselgur und Schwefel in Betracht, als Hilfsstoff zur Erhöhung der Haftfähigkeit hat sich insbesondere Talkum bewährt.

Die Verstäubung der Arsenmittel kann an windstillen und regenfreien Tagen bei gut haftenden Stäubemitteln zu jeder Tageszeit erfolgen; bei weniger gut haftenden Mitteln werden die späten Abend- und frühen Morgenstunden zur Verstäubung empfohlen, da bei höherer Luftfeuchtigkeit und an feuchten Pflanzenteilen die Mittel größere Haftfähigkeit zeigen.

Kupferazetatarsenit oder Schweinfurtergrün (Pariser-grün, vgl. S. 238) war entsprechend seiner frühen Verwendung als gut wirkendes Spritzmittel auch das älteste Arsenstäubemittel. Es wurde als feingemahlenes Pulver in Amerika mit gelöschtem Kalk oder sonstigen Trägerstoffen im Verhältnis von 1 : 10 bis 1 : 20 gemischt und auf taufeuchte Pflanzen aufgestäubt. Auch bei Verwendung von Kalk als Streckmittel ließen sich Blattverbrennungen nicht gänzlich vermeiden, so daß das Mittel bei empfindlichen Pflanzen nicht verwandt werden konnte und daher auch keine größere Bedeutung gefunden hat. Seit einigen Jahren bringt die Pflanzenschutz G. m. b. H. in Konstanz ein verbessertes, als „Vinuran" oder „Urania-Verstäubungsmittel" bezeichnetes Schweinfurtergrün-Präparat in den Handel, das sich als Stäubemittel bewährt hat.

Bleiarseniat (vgl. S. 241) wurde, nachdem es als vorzügliches, auch bei sehr empfindlichen Pflanzen anzuwendendes Spritzmittel sich bewährt und sich in Amerika als Standardmittel durchgesetzt hatte, zum ersten Male 1909 in Amerika auch als Stäubemittel zur Bekämpfung des Baumwollkapselkäfers (Anthonomus grandis) angewandt und wurde bald zum wichtigsten Arsenstäubemittel. Wenn auch die Bleiarseniatspritzbrühen, insbesondere bei starkem Auftreten der Schädlinge, infolge ihrer besseren Haftfähigkeit (Wetterbeständigkeit) als wirkungsvoller sich erwiesen, so war bei mittelstarkem Befall die Wirkung der Bleiarseniat-Stäubemittel doch voll ausreichend; insbesondere ermöglichten sie eine

schnelle Behandlung großer Flächen, wie es in den amerikanischen Baumwoll- und Obstgebieten notwendig war. Das Bleiarseniatpulver wurde in 10—15 Proz. Konzentration angewandt; als Streckmittel kamen insbesondere Schwefel und Kalk in Betracht, wobei häufig noch 2—5 Proz. Nikotin oder Nikotinsulfat zur gleichzeitigen Bekämpfung von Blattläusen der Mischung zugesetzt wurden. In der amerikanischen Literatur als brauchbar bezeichnete Mischungen sind auf S. 282 und 283 zusammengestellt.

Kalziumarseniat hat seine schnelle Verbreitung als brauchbares Stäubemittel in erster Linie der starken Bedrohung der nordamerikanischen Baumwollgebiete durch den Baumwollkapselkäfer zu verdanken. Die im Süden der Vereinigten Staaten durch den Käfer angerichteten Schäden werden von Andres[1]) je nach Stärke des Befalles auf jährlich 100—500 Millionen Dollar angegeben. In einzelnen Distrikten hätte die Baumwollkultur längst aufgegeben werden müssen, wenn nicht geeignete Stäubemittel zur Bekämpfung des Schädlings zur Verfügung gestanden hätten. Die Arsenstäubemittel, die in diesen Bezirken jährlich angewandt werden müssen, werden vom Verbraucher direkt als eine notwendige „Ernteversicherung" betrachtet.

Kalziumarseniat erwies sich in den ersten Versuchen als ein wenig brauchbares Stäubemittel, da es starke Laubbeschädigungen verursachte. Bald gelang es jedoch, Kalziumarseniatpräparate mit nur geringen laubschädigenden Eigenschaften herzustellen. Auf Grund der vom Bureau of Entomology durchgeführten Versuche wurde es im Jahre 1915 in den Vereinigten Staaten von Amerika zur Anwendung empfohlen und hat bald wegen seiner guten, das Bleiarseniat übertreffenden Giftwirkung und seiner größeren Billigkeit allgemeine Verbreitung gefunden. Im Jahre 1920 wurden in den Vereinigten Staaten allein zur Bekämpfung des Baumwollkapselkäfers 16 000 t Kalziumarseniat verbraucht. Aber auch zur Bekämpfung von beißenden Insekten an Kartoffeln, Tabak und im Obstbau hat besonders in den amerikanischen Großkulturen die Verstäubung von Kalziumarseniat-Präparaten Eingang und Bedeutung gefunden.

Zur Verwendung von Kalziumarseniat-Stäubemitteln kommen fertige Handelspräparate in Betracht. Das handelsmäßig vertriebene Kalziumarseniatpulver unterliegt hinsichtlich seiner Zusammensetzung in den Vereinigten Staaten den schon auf S. 245 angeführten gesetzlichen Bestimmungen. Weiter wird darauf Wert gelegt, daß die Dichte des Pulvers nicht weniger als 80 und nicht mehr als 100 cubic-inches per pound[2]) betragen soll, da einerseits ein gewisser Feinheitsgrad zur Erreichung einer

[1]) Andres: Zeitschrift für angew. Entomologie, 1924, Bd. 10, S. 226.
[2]) 1 cubic-inch = 16,38 ccm; 1 pound = 453,5 g.

guten Verstäubbarkeit und Haftfähigkeit vorhanden sein muß, andererseits aber ein zu großer Feinheitsgrad bei nicht ganz windstillem Wetter eine Verstäubung ausschließt und außerdem infolge der vergrößerten Oberfläche des Pulvers leichter zu Blattverbrennungen führt. Die Kalziumarseniatpulver werden in Amerika vom Praktiker vielfach selbst mit einem Streckmittel im Verhältnis von 1 : 5 bis 1 : 10 gemischt, wobei häufig noch feingemahlenes entwässertes Kupfersulfat oder Nikotinsulfat zugefügt werden. In der amerikanischen Literatur als brauchbar angegebene Mischungen sind auf S. 283 zusammengestellt. Die in Amerika durchschnittlich verwandte Menge an Arsenstäubemitteln beträgt 5 pounds per acre [1]).

Auch in Deutschland haben Kalziumarseniatpräparate im Wein-, Obst-, Forst- und Feldbau zur Bekämpfung beißender Insekten (Traubenwickler, Obstmade, Raupen, Forstschädlinge, Rübenaaskäfer, Erdflöhe usw.) seit einigen Jahren große Verbreitung gefunden. Der deutsche Verbraucher hat sich bis jetzt noch nicht dazu entschließen können, den Arsengehalt und die sonstige Zusammensetzung seiner Stäubemittel durch Mischung selbst festzusetzen; er bezieht die stäubefertigen Kalziumarseniatpräparate stäubefertig von der Fabrik. Als gute Arsenstäubemittel, von denen die meisten als Kalziumarseniatpräparate bekannt sind, haben sich bewährt: Dr. Sturms Heu- und Sauerwurmmittel (Esturmit) der Chemischen Fabrik E. Merck, Darmstadt, Silesia-Verstäubungsmittel der W. Güttler A.-G., Hamburg 11, Arsenverstäubungsmittel „Höchst" der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M. und Arsenverstäubungsmittel „Hinsberg 1922" von O. Hinsberg, Nackenheim a. Rh. Bei der auch in Deutschland durchgeführten Schädlingsbekämpfung vom Flugzeug aus kamen in erster Linie Kalziumarseniatpräparate in Frage.

Von anderen Arsensalzen sind als Stäubemittel ein als „dry arsenite of soda" bezeichnetes feingemahlenes Natriumarsenit in Südafrika zur Heuschreckenbekämpfung und eine Magnesiumarseniat-Kalkmischung (1 : 5) in Amerika zur Bekämpfung des mexikanischen Bohnenkäfers (Epilachna corrupta) verwandt worden.

Fluorhaltige Stäubemittel

Natriumsilicofluorid Na_2SiF_6 kann auf Grund seiner geringen Wasserlöslichkeit nach Marcovitch [2]), mit 9 Teilen Kalk gemischt, als Stäubemittel verwandt werden. Es wirkt als Magengift, außer-

[1]) 1 acre = 40 a.

[2]) Marcovitch: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 122.

dem soll ihm nach Marcovitch noch eine Ätzwirkung zukommen, die bei der Bekämpfung von Bedeutung ist. Kriechen die Schädlinge über die mit Natriumsilicofluorid bestäubten Pflanzen, so daß Teile des Pulvers an den Beinen und am Körper haften bleiben, so ruft das Pulver einen Reiz hervor, der eine Reinigung der befallenen Teile durch Belecken veranlaßt. Die beim Reinigungsgeschäft in den Verdauungsapparat gelangenden Mengen des Giftstoffes genügen, um als Magengift zu wirken. Natriumsilicofluorid ist als billiges Ersatzmittel der Arsenpräparate verwandt und wegen seiner geringeren Giftigkeit und Gefährlichkeit für den Menschen zur Schädlingsbekämpfung als besonders geeignet empfohlen worden. Als voller Ersatz für die Arsenmittel kommt es jedoch nicht in Frage, da sein hohes spezifisches Gewicht eine Verstäubung im großen erschwert, die Giftwirkung trotz der geringen fraßabschreckenden Wirkung zur Bekämpfung vieler Schädlinge nicht ausreichen dürfte und seine Giftigkeit immer noch so groß ist, daß es, auf Grund seines ähnlichen Aussehens oft mit doppeltkohlensaurem Natron verwechselt, zu zahlreichen Verlusten an Menschenleben geführt hat.

Nach Marcovitch soll noch das Mineral Kryolith ($Al_2F_6 . 6NaF$), fein gepulvert und mit 2 Teilen Kalk gemischt, eine gute Wirkung auf den mexikanischen Bohnenkäfer zeigen, ohne Schädigungen an den Pflanzen hervorzurufen.

Kombinierte Stäubemittel

Auch bei den Stäubemitteln hat man, ähnlich wie bei den Spritzmitteln (vgl. S. 250), zur Ersparnis von Zeit und Arbeitslöhnen versucht, zur Bekämpfung verschiedener, aber gleichzeitig auftretender Schädlinge die Mittel zu kombinieren und zusammen zu verstäuben. Die Kombinationen zwischen Stäubemitteln sind einerseits weniger zahlreich, da auch die Stäubemittel weniger mannigfaltig sind als die Spritzmittel, andererseits leichter möglich als die Kombination zwischen Spritzmitteln, da bei dem Mischen trockener Pulver weniger leicht chemische Reaktionen möglich sind und infolgedessen keine laubschädigenden Eigenschaften auftreten. Da das Selbstmischen der Stäubemittel durch den Verbraucher ursprünglich nur in Amerika geübt wurde und auch heute noch dort die häufigste Anwendung findet, sind die in der Literatur zu findenden Mischvorschriften meist amerikanischen Ursprungs. Von brauchbaren Kombinationen werden empfohlen:

10 Bleiarseniat	+ 88 Schwefel	+ 2 Nikotin
10 Bleiarseniat	+ 85 Schwefel	+ 5 Nikotinsulfat
15 Bleiarseniat	+ 75 Schwefel	+ 10 Kalk

10 Bleiarseniat	+ 45 Schwefel	+ 45 Talkum
10 Bleiarseniat	+ 20 Kupfersulfat	+ 70 Kalk
10 Bleiarseniat	+ 10 Kupfersulfat	+ 58 Kalk + 20 Kaolin + 2 Nikotinsulfat
5 Bleiarseniat	+ 95 Gips	
10 Kalziumarseniat	+ 15 Schwefel	+ 75 Kalk
10 Kalziumarseniat	+ 15 Kupfersulfat	+ 75 Kalk
15 Kalziumarseniat	+ 80 Kalk	+ 5 Nikotinsulfat
20 Kalziumarseniat	+ 50 Kalziumkarbonat	+ 30 Talkum
5 Kalziumarseniat	+ 95 Gips	
24 Schwefel	+ 74 Kalk	+ Pyrethrum
25 Kupfersulfat	+ 67 Kalk	+ Nikotinsulfat

Bei den Mischvorschriften kann zur Erhöhung der Haftfähigkeit ein Teil des als Streckmittel verwandten Kalkes oder Schwefels durch Talkum ersetzt werden. Als Kalk wird frisch gelöschter, zu feinem Pulver zerfallener Kalk (Herstellung s. S. 249), als Kupfersulfat entwässertes Kupfersulfat genommen.

4. Spritzen oder Stäuben

Die Frage, ob die Stäubemittel den Spritzmitteln vorzuziehen sind, ist seit langem umstritten und hängt in ihrer Beantwortung von den örtlichen Verhältnissen ab. Die Spritzmittel sind im Kleinbetrieb billiger und zuverlässiger, sie lassen sich besser auf die bedrohten Pflanzenteile (Kelchspritzung bei Obstmade, Geschein- und Traubenspritzung bei Traubenwickler) richten, ihre Wirkung ist daher durchgreifender. Da die Spritzflecken meist gut sichtbar sind, wird dadurch die Arbeit des Spritzens und die Kontrolle des die Spritzung ausführenden Arbeiters erleichtert. Die Spritzflecken der Arsenkupferkalkbrühe zeichnen sich weiterhin durch recht gute Haftfähigkeit und Wetterbeständigkeit aus. Als Nachteile besitzen die Spritzmittel die Umständlichkeit des Verfahrens durch Wassertransport, umständliche Zubereitung und kurze Haltbarkeit, leichte Spritzdüsenverstopfung, lange Arbeitsdauer und daher bei Behandlung ausgedehnter Flächen hohe Arbeitsunkosten und bei allzu dichtem Spritzfleckenüberzug Störung der Assimilations- und Atmungstätigkeit der Blätter. — Die Stäubemittel sind dagegen wegen ihrer leichten und schnellen Anwendungsmöglichkeit besonders für die rasche Behandlung großer Flächen geeignet (geringe Arbeitsunkosten); sie allein ermöglichen bei schlagartigem Auftreten der Schädlinge in Großkulturen, wo ein schnelles Handeln notwendig ist, eine Bekämpfung (Behandlung von 1 Morgen Rebfläche = 2500 Rebstöcke mit allen Vorbereitungen beim Stäuben 2—4 Stunden; beim Spritzen 8—10 Stunden, bei schwierigem Wassertransport in steilen Weinbergsanlagen 15—20 Stunden). Die Stäube-

mittel benötigen keinen Wassertransport, sind stets gebrauchsfertig, leicht miteinander mischbar und bei trockener Aufbewahrung beliebig lange haltbar, zeigen eine gleichmäßige Verteilung (keine Tropfenbildung an Träufelspitze). Die Stäubeapparate sind einfacher und billiger als die Spritzapparate. Als Nachteile kommen den Stäubemitteln gegenüber den Spritzmitteln zu: die geringe Haftfähigkeit und geringe Regenbeständigkeit, die ihre Anwendung in Gegenden mit reichen Niederschlägen (Schwarzwald = Bodensee) erschwert, die Beschränkung auf windstille und möglichst taufeuchte Tageszeiten, eine geringere Wirksamkeit infolge schlechter Dirigierbarkeit der Staubwolke, größerer Materialverbrauch durch Materialverschwendung und durch Neubehandlung nach Regen, größere Gefahr für Weidevieh und Hühner, Belästigung der Arbeiter.

Spritzmittel werden in kleinen und mittelgroßen Betrieben und in regenreichen Gebieten häufig vorzuziehen sein, den Stäubemitteln wird man in Großbetrieben und in wasserarmen, trockenen Gebieten den Vorrang geben.

5. Streumittel

a) Allgemeines über Streumittel

Als Streumittel bezeichnet man diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel, die, ähnlich den Stäubemitteln, in Pulverform angewandt werden, in der Regel aber einen nicht so hohen Feinheitsgrad besitzen, wie ihn die Stäubemittel aufweisen, und sich daher nur zur Behandlung niedriger Pflanzen und zur Bekämpfung von Bodenschädlingen eignen. Sie werden mit der Hand ausgestreut oder wie Saatgut breitwürfig auf die Äcker ausgeworfen oder mittels Streumaschinen verteilt. Als Streumaschinen können Düngerstreumaschinen verwandt werden, die meist in fahrbarer Karrenform in landwirtschaftlichen Betrieben in Gebrauch sind. Als Rückenstreumaschinen sind auch einfache, auf dem Rücken zu tragende Apparate[1]) gebaut worden, die aus einem zylindrischen Blechgefäß zur Aufnahme des Streumittels bestehen und bei denen eine am Grunde des Gefäßes befindliche, aus einer größeren Anzahl von Schaufeln bestehende Verteilerscheibe das Streumittel in gleichmäßigem Strom durch die Öffnung im Boden des Gefäßes schiebt, wo es von einer schnell rotierenden Schleuderscheibe erfaßt und ziemlich gleichmäßig zerstreut wird. Die Apparate werden durch eine Kurbel mit der rechten Hand bedient. Die zu verstreuende Menge pro Morgen kann durch einen unter der Öffnung befindlichen Schieber eingestellt werden.

[1]) Z. B.: Handdüngerstreumaschine der Kosmo-Chemie Gesellschaft für Apparatebau, Berlin W 8.

b) Art der Streumittel

Eine Einteilung der Streumittel nach Art ihrer chemischen Zusammensetzung ist wegen der geringen Mannigfaltigkeit der Mittel nicht übersichtlich; es ist dagegen zweckmäßig, die Einteilung nach Art der zu bekämpfenden Schädlinge durchzuführen.

Zur Bekämpfung tierischer Schädlinge an Pflanzen kommen die jedem Praktiker bekannten Methoden in Betracht, die zur Bekämpfung von Afterraupen (z. B. Larven der Stachelbeerblattwespe und Kirschblattwespe), Erdflöhen, Spargelhähnchen und Nacktschnecken ein Bestreuen der befallenen und bedrohten Pflanzen mit Ätzkalk, Thomasmehl, Tabakstaub, Straßenstaub oder Brikettasche vorschreiben. Die Wirkung einiger dieser Mittel, wie Straßenstaub und Brikettasche, ist nur fraßabschreckend[1]), bei Ätzkalk, Thomasmehl und Tabakstaub kommt jedoch eine Giftwirkung in Frage. Zur Bekämpfung der Nacktschnecken mit ätzenden Streumitteln werden, je nach der Dichte des Pflanzenbestandes und der Feinheit des Pulvers, je ha 6—9 Zentner an der Luft zu feinem Pulver zerfallener Ätzkalk oder 3—4 Zentner Kalkstickstoff oder feingemahlene Kalisalze oder Kainit (Hederichkainit) auf den befallenen Äckern in den Abend- oder frühen Morgenstunden, also zu einer Zeit, in welcher die Schnecken ihre Schlupfwinkel verlassen, verteilt. Die Behandlung wird nach einer halben Stunde mit der gleichen Menge des Mittels wiederholt, damit die durch ihre starke Schleimabsonderung der ersten Behandlung meist entgehenden Schnecken durch die zweite Behandlung vernichtet werden. Neben feingemahlenem und entwässertem Kupfersulfat, das in Amerika zur Schneckenbekämpfung in einer Menge von 8 pds je acre (40 a) angewandt wurde, wird auch nicht ausgelaugter und nicht lange gelagerter Tabakstaub als Streumittel empfohlen, da er außer einer ausreichenden Wirkung auf die Schnecken die Pflanzen nicht schädigt und ein billiges, stickstoff- und kalireiches Düngemittel darstellt. — Gegen Erdflöhe hat sich Eklatin (Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung in Frankfurt a. M.), dessen wirksamer Bestandteil Nitrobenzol ist, als Streumittel bewährt. Das Ausstreuen von Arsenpulvern zur Bekämpfung von Erdflöhen ist schon bei den Stäubemitteln vermerkt.

Tabakstaub wird ferner zur Bekämpfung der am Wurzelhals der Apfelbäume sitzenden Blutläuse auf die von Erde befreiten, oberen Wurzelteile ausgestreut. Die Anwendung starker Kaligaben (2—3 kg je Baum) als Streumittel (Düngemittel) bei Apfelbäumen bewirkt weniger eine direkte Bekämpfung der Blutläuse; durch den Kaliüberschuß und

[1]) Vgl. S. 401.

den dadurch bewirkten relativen Stickstoffmangel wird vielmehr die Widerstandsfähigkeit der Apfelbäume gegen Blutlaus gesteigert (vgl. S. 40). — Zur Hinderung der Eiablage vieler Schädlinge benutzte Streumittel (mit stark riechenden Stoffen getränkte Sägespäne oder Torfmull, Uspulunpulver) werden als Abschreckmittel besondere Erwähnung finden.

Bei der Bekämpfung tierischer Schädlinge im Boden spielen neben Kalk einige in der Landwirtschaft gebräuchliche Kunstdüngerstoffe als Streumittel eine große Rolle. Zur Anwendung kommen diese Mittel insbesondere gegen Drahtwürmer (Larven der Elateriden), während Wiesenschnake (Tipula) und Engerlinge (Larven der Maikäfer) eine geringe Empfindlichkeit gegen diese Mittel zeigen. Von den Kunstdüngemitteln finden Kainit, 40proz. Kalisalz, Thomasmehl und Kalkstickstoff zur Bekämpfung der Drahtwürmer Verwendung. Die Wirkung dieser Mittel ist eine Ätzwirkung, die jedoch wegen der Freizügigkeit der Tiere im Boden nicht zur Abtötung der Schädlinge führt, sie jedoch zur Abwanderung in größere Bodentiefen veranlaßt und so lange ein Emporsteigen der Tiere zur Wurzelregion verhindern soll, bis die Pflanzen aus der Zeit der größten Anfälligkeit hinaus sind. Die Mittel werden über die befallenen Äcker ausgestreut und bei unbestelltem Land flach eingeeggt, bei stehenden Kulturen als Kopfdüngung gegeben. Eine Wirkung auf die Schädlinge kann selbstverständlich nur eintreten, wenn die Salze in Lösung gehen, d. h. wenn nach dem Ausstreuen Regen fällt; bleibt der Regen aus, so muß durch künstliche Bewässerung mittels Hederichspritze oder Jauchekarre eine Lösung der Salze bewirkt werden. Neben der Ätzwirkung scheint nach neueren Untersuchungen von Blunck und Merkenschlager[1]) auch die Bodenreaktion und die Änderung dieser Reaktion durch Streumittel in Frage zu kommen, da die Drahtwürmer, unabhängig von der Art der Wüchsigkeit des Pflanzenbestandes, in Bezirken schwächster Basizität sich sammeln und selbst vor sauren Böden nicht zurückschrecken, eine Kalkzufuhr daher außer der Ätzwirkung auch noch durch Erhöhung der Bodenalkalität zur Niederhaltung der Drahtwürmer führt. Endlich kann die Wirkung der Streumittel noch auf einer physikalischen Änderung des Bodens beruhen, indem z. B. durch hohe Kalkgaben eine Lockerung und Austrocknung des Bodens erreicht und dadurch für feuchtigkeitsliebende Drahtwurmarten ungünstige Lebensbedingungen geschaffen werden (vgl. S. 94). Die für die einzelnen Streumittel empfohlenen Mengen betragen nach Blunck[2]) je ha:

[1]) Blunck und Merkenschlager: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1925, Nr. 12.

[2]) Blunck: Flugblatt 76 der Biologischen Reichsanstalt.

bei Kainit 6 bis 8 dz, im Herbst oder im Frühjahr vor der Aussaat zu geben, 2 bis 3 dz bei Getreide- und Zuckerrübenkulturen als Kopfdüngung zu verwenden. Zur Vermeidung von Verkrustung kann Kainit bei schweren Böden durch 40proz. Kali ersetzt werden,

bei Kalk 15 bis 20 dz, auf schweren Böden als Ätzkalk, auf leichten Böden in Form des weniger wirksamen kohlensauren Kalkes oder als Thomasmehl im Frühjahr vor der Aussaat zu geben,

bei Kalkstickstoff 2 bis 3 dz, zur kritischen Fraßzeit vor oder bei der Saat zu geben.

Als Kopfdüngung ist zur Bekämpfung der Drahtwürmer weiterhin eine Mischung von 80 bis 120 kg schwefelsaurem Ammoniak (zur Kräftigung der Pflanze) und 8 bis 12 Zentner Kainit (zur Ätzwirkung) je ha empfohlen worden.

Die sehr widerstandsfähigen Tipulalarven hat man außer mit Kalkstickstoff (3—5 Zentner je ha) noch mit feingemahlenem Kupfersulfat oder Eisensulfat (30—40 kg je ha) zu bekämpfen versucht, ohne aber durchgreifende Erfolge zu erzielen. Ein Vermischen von 1 Teil Ätzkalk mit 4—6 Tln. Erde vernichtet die in der Erde befindlichen Rübennematoden[1]), das Verfahren kommt jedoch nur zur Entseuchung der von geernteten Rüben abfallenden Erde in Frage.

Auf die Verwendung von Ätzkalk als Streumittel zur Vernichtung der in der Waldstreu überwinternden Forstschädlinge (vgl. S. 99) sei in diesem Zusammenhang noch einmal hingewiesen.

Zur Bekämpfung pilzlicher Schädlinge im Boden kommen Streumittel in Betracht, die zur Bekämpfung der Kohlhernie, der in Anzuchtgärten auftretenden Vermehrungspilze und des Kartoffelschorfes Anwendung gefunden haben.

Das beste Streumittel gegen die von Plasmodiophora brassicae verursachte Kohlhernie ist gelöschter Kalk, der durch Änderung der Bodenreaktionen das Keimen der im Boden befindlichen Kohlherniesporen verhindert und dadurch die gesetzten Kohlpflanzen vor Befall schützt. Seine Verwendung ist jedoch nur auf kleinen Flächen möglich, da die zur Erreichung günstiger Ergebnisse notwendige Kalkmenge ($1^1/_2$ kg je qm Bodenfläche) so groß ist, daß das Mittel für den Großbetrieb nicht in Frage kommt. Auch das Steinersche Mittel, das auf Grund seines Kalkgehaltes sich verschiedentlich bewährte und in 3 cm hoher Schicht auf die Äcker gebracht werden soll, ist für größere Fläche schon wegen der hohen Transportkosten zu teuer. Bei mittelstarkem Befall sind weiter Kainit (600 g je qm) und Zyanidschwefelkalkpulver mit einigem Erfolge zur Verwendung gekommen. Als Streumittel hat endlich Herniol (Her-

[1]) Vgl. Vogt, E., 1926, Sammlung Göschen Nr. 923.

steller: Zentralgesellschaft für chemische Industrien, München, Maximiliansplatz) in einer Menge von 25 Ztr. je Morgen Erfolge gebracht. Das Mittel wird bei starkem Befall im Herbst und Frühjahr, bei leichtem Befall im Frühjahr (14 Tage vor dem Auspflanzen) angewandt und nach dem Ausstreuen untergegraben. Ein Ausstreuen und leichtes Einhaken von Uspulunpulver (vgl. S. 309) in einer Menge von 120 g je qm, noch besser das Mischen von 1 g Uspulun mit der Erde jedes einzelnen Pflanzloches hat zu guten Resultaten gegen Kohlhernie geführt, doch ist das Verfahren wegen der Kosten schon auf mittelgroßen Parzellen nicht mehr durchführbar. Über die gleichzeitige Verwendung von Uspulun als Streu- und Gießmittel siehe S. 297. Da alle diese Desinfektionsmittel die Kohlherniesporen nicht abtöten, sondern nur an der Keimung hindern, müssen sie in jedem Jahre zur Erhaltung der Kulturen wieder neu angewandt werden.

Auch zur Bekämpfung der Vermehrungspilze (Pythium, Olpidium, Moniliopsis), die in Saat- und Anzuchtbeeten das Absterben der jungen Pflänzchen verursachen, hat sich ein Ausstreuen und leichtes Einhacken von 500 g Ätzkalk je qm Bodenfläche bewährt.

Zur Bekämpfung des Kartoffelschorfes (Aktinomyzes) ist Schwefel als Streumittel erfolgreich benutzt worden. Die Wirkung wird auf eine erhöhte Säurebildung zurückgeführt, durch die für die Pilze ungünstige Lebensbedingungen geschaffen werden. Der Säuregehalt steigt entsprechend der dem Boden zugeführten Schwefelmenge. Da für die Säurebildung schwefeloxydierende Organismen der Bodenflora wichtig sind, hat man Schwefel zusammen mit Schwefelbakterien in Gestalt von „geimpftem Schwefel" dem Boden zugeführt und verschiedentlich damit gute Erfolge erzielt. Es werden zur Anwendung von geimpftem Schwefel 340 kg, von nicht geimpftem Schwefel 680 kg je ha empfohlen.

Als Streumittel haben verschiedene Kunstdüngerarten nach neueren Untersuchungen von Hiltner und Lang[1]) und von J. Hahne[2]) auch großen Einfluß auf den Steinbrandbefall des Weizens, indem Kalisalz, Kainit, Thomasmehl und Natronsalpeter den Steinbrandbefall begünstigen, Kaliammoniumsalpeter, Ammoniumsulfat und Kalkstickstoff dagegen das Auskeimen der am Saatgut befindlichen Steinbrandsporen hemmen oder verhindern, neben ihren das Wachstum der Pflanzen fördernden Eigenschaften also noch fungizide Eigenschaften für den Krankheitserreger besitzen. Eine praktische Bedeutung werden diese fungiziden Kunst-

[1]) Hiltner und Lang: Mitteilungen der Deutschen Landw. Gesellschaft, 1922, S. 253.

[2]) Hahne, J.: Kühn-Archiv, 1925, Bd. 9, S. 157.

düngerarten als Streumittel zur Bekämpfung der Brandkrankheiten jedoch nicht erhalten, da in Naß- und Trockenbeizen besser wirkende Bekämpfungsmittel bestehen und da für die Auswahl eines Düngemittels die Ernährungsbedürfnisse der Pflanzen wichtiger sind, als die Möglichkeit der Schädlingsbekämpfung.

Zur Bekämpfung von Unkräutern, insbesondere von Hederich und Ackersenf, weiterhin aber auch noch von Vogelmiere, Hundskamille, Kornblume, Brennessel u. a., haben sich Kainit und Kalkstickstoff als brauchbare Streumittel erwiesen. Die Wirkung dieser Mittel hängt ab von der benutzten Menge und von der Feinheit des Pulvers. Als feingemahlener Kainit ist sogenannter „Hederichkainit" oder Staubkainit „Sondermarke" im Handel, von dem bei besonders feiner Mahlung 80 Proz. durch ein $^1/_2$ mm und 50 Proz. durch ein $^1/_4$ mm Lochweite-Sieb gehen soll. Als Kalkstickstoff wird feingemahlener, nicht geölter Kalkstickstoff verwandt. Um ein Zusammenballen (Klumpen) des Kainits zu verhindern, kann ihm 3 Proz. Kieselgur oder Knochenmehl beigemischt werden. Der Kalkstickstoff ist leichter und gleichmäßiger auszustreuen, wenn ihm Sand, Sägemehl oder Torfmull zugegeben ist. Von den Mitteln, die in früher Morgenstunde oder nach Regen auf taufeuchte bzw. regenfeuchte Pflanzen gegeben werden und zur Anwendung kommen, wenn die Hederichpflänzchen das 4. bis 5. Blatt entwickelt haben, werden von Kalkstickstoff 2,4—4 Ztr. je ha, vom Kainit je nach Empfindlichkeit der Kulturpflanzen 12—24 Ztr. je ha benutzt. Die Mittel sind anzuwenden bei Halmfrüchten, nicht aber bei Rüben, Kartoffeln, Bohnen, Erbsen, Luzerne, Klee (Klee-Einsaat) und Lupinen, die gegen Kainit und Kalkstickstoff empfindlich sind. Zur gleichzeitigen Verwendung werden 15—20 Ztr. Kainit und 3 Ztr. Kalkstickstoff je ha empfohlen. Bei Anwendung dieser Menge sind Mehrerträge von 7,7 dz Korn und 10,3 dz Stroh je ha erhalten worden. Um unabhängig vom Wetter zu sein, wurde von der Waggon- und Wagenbau Rathsack A.-G. in Wernigerode eine Düngerstreumaschine[1]) gebaut, bei welcher eine vorn angebrachte, mechanisch betriebene Spritze künstlich Taubildung bewirkt und dadurch auch bei trockenem Wetter gute Haftfähigkeit und gute Wirkung der Mittel ermöglicht.

Die zur Unkrautbekämpfung geeigneten Streumittel haben vor den Eisensulfatlösungen (vgl. S. 233) den Vorteil der leichteren Anwendungsweise. Immerhin hat man die bessere Wirkung des Eisensulfates als Unkrautbekämpfungsmittel auch im Streuverfahren zu erlangen versucht,

[1]) Leonhards, R.: Flugblatt 84 als Beilage zu den Mitteil. der Deutschen Landw.-Gesellschaft 1927, 42. Jg., Heft 8.

indem man feingemahlenes Eisensulfat in einer Menge von 4,5 kg je a als Streumittel benutzte. Das Verfahren hat sich jedoch vor der Anwendung des gleichzeitig auch als Düngesalz wirkenden Kainits nicht durchsetzen können.

Zur Bekämpfung von Unkräutern auf Wegen und Plätzen hat sich das Streumittel Via rasa (300 g je qm) der Chemischen Fabrik Pyrgos G. m. b. H. in Dresden-Radebeul bewährt.

Als billiges Streumittel zur Ausrottung der Berberitze (vgl. S. 18 u. 298) hat in Amerika Kochsalz Verwendung gefunden, von dem 4—5 kg für jeden Berberitzenstrauch zur Abtötung der Wurzeln benutzt werden.

Zur Heilung von Pflanzenkrankheiten anorganischer Ursachen sind als Streumittel Mangansulfat und Mangansuperoxyd (von ersterem 2—4 Ztr. je ha) zur Heilung der Dörrfleckenkrankheit des Hafers (vgl. S. 42), Kalk zur Beseitigung der Bodensäurekrankheit (vgl. S. 43) und Eisensulfat (ungelöst in den Boden gebracht) zur Heilung der Chlorose der Reben angewandt worden.

6. Streichmittel

a) Allgemeines über Streichmittel

Als Streich- oder Pinselmittel bezeichnet man diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel, die in dünnflüssiger bis zähflüssiger Form angewandt und mit Hilfe von groben, steifborstigen Pinseln oder besonderen Streich- und Auftragevorrichtungen (Spatel, Leimquetsche, Leimschlauch) aufgetragen werden. Sie dienen entweder zur sofortigen Abtötung der Schädlinge und ihrer Eier oder als Leimringe und Klebflächen an Fangapparaten und Fangmaschinen zum Fang oder zur Abhaltung oder als salbenartige Präparate (Baumwachs) zum Wundverschluß.

b) Art der Streichmittel

Die wichtigsten Streichmittel sind die Raupenleime. Über ihre Verwendung zur Herstellung von Leimringen und von Fangflächen an Insektenfangapparaten ist schon auf S. 78 und 83 berichtet worden.

Bei den zur Zeit im Handel befindlichen Raupenleimen lassen sich drei Arten unterscheiden:

1. helle Raupenleime, die durch Auflösen von Harzen (Kolophonium, Fichtenharz, venezianischem Terpentin usw.) in Ölen (Terpentinöl, Rizinusöl, Leinöl usw.) hergestellt werden;
2. helle bis halbdunkle Raupenleime, die durch Zusammenschmelzen von Schmalz- und Fettresten mit öligen, wachsartigen oder auch harzigen Beimengungen entstehen und

3. dunkle Raupenleime, die Teerprodukte (Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Holzteer, Pech) als Hauptbestandteile enthalten.

Je nach der Grundsubstanz ist das Verhalten der Raupenleime verschieden. Die hellen, harzigen Raupenleime zeichnen sich durch eine sehr große Klebrigkeit aus, sie sind stark fadenziehend, zeigen besonders bei höheren Temperaturen gute Fängigkeit, laufen jedoch auch bei diesen Temperaturen leicht ab und dürfen daher nur in dünner Schicht aufgetragen werden. Infolge ihrer starken „fadenziehenden" Klebrigkeit sind harzige Raupenleime guter Qualität auch in dünner Schicht von guter Fängigkeit. Bei den fettartigen und teerhaltigen Raupenleimen ist die Klebrigkeit sehr gering; sie sind nicht fadenziehend, können aber trotzdem von großer Fängigkeit sein, laufen in der Regel bei höherer Temperatur weniger leicht ab und sind auch bei tieferen Temperaturen häufig noch fängig; sie müssen in dicker Schicht aufgetragen werden. Sind die fettartigen und teerhaltigen Leime längere Zeit dem Wetter (Wind und Sonne) ausgesetzt, so überziehen sie sich meist mit einer dünnen, festen Haut, die durch Aufrauhen („Aufkämmen" der Leimringe mit Spatel oder Holzkamm) von Zeit zu Zeit zu beseitigen ist.

In ihrer Wirkung sind die Raupenleime sehr verschieden: Während die harzigen Raupenleime infolge ihrer zähen Klebrigkeit aufgekrochene Raupen sofort derartig festlegen, daß die Tiere kaum noch Bewegungen ausführen können, findet bei den fettartigen und teerhaltigen Raupenleimen ein „Festkleben" der Tiere nicht statt, die auf dem dick aufgestrichenen Leim aufsitzenden Tiere haben noch eine größere Bewegungsfreiheit, insbesondere schlagen größere Raupen mit dem vorderen Körperende hin und her, beschmutzen ihren Körper, verschmieren dabei ihre Stigmen und gehen daher an Erstickung zugrunde.

Vom Praktiker werden die hellen, harzigen Raupenleime den anderen vorgezogen, einmal, weil er mit Recht auf die „fadenziehende" Klebrigkeit dieser Leime einen besonderen Wert legt, dann aber auch, weil die oft honigartig aussehenden, in dünner Schicht aufzutragenden harzigen Leime ihm offenbar aus ästhetischen Gründen mehr zusagen als die schwarzen, schmierigen Teerleime. In Großbetrieben, insbesondere in der Forstwirtschaft, finden allerdings die Teerleime wegen ihrer Billigkeit größere Anwendung.

Die an gute Raupenleime zu stellenden Forderungen sind möglichst langdauernde Fängigkeit, Regenbeständigkeit, kein Eintrocknen durch Wind und Sonne, kein Abfließen bei höherer Tagestemperatur und bei Sonnenbestrahlung und kein Erstarren bei niedrigen Temperaturen.

Die Prüfung der Raupenleime erfolgt am zweckmäßigsten als Leimringe im Freien unter normalen Außenbedingungen, wobei die Fängig-

keit durch Fingerprobe, durch Federfahne, durch Aufkriechenlassen von Versuchstieren (im Sommer: Ringelspinner- oder Goldafterraupen, im Winter: Weibchen der Frostspanner) und durch Beobachtung der im Freiland selbsttätig gefangenen Tiere festgestellt werden kann.

Die Zubereitung der Raupenleime ist schwierig, so daß die Selbstherstellung dem Praktiker nicht empfohlen werden kann. Auch die Handelspräparate [1]) unterliegen in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren physikalischen Eigenschaften solchen Schwankungen, daß eine zuverlässige Empfehlung bestimmter Marken nicht möglich ist.

Wegen der wechselnden Zusammensetzung kann ein direktes Auftragen des Leimes auf die Stämme für den Obstbau nicht empfohlen werden. An Obstbäumen wird der Leim auf ein als Unterlage dienendes, wasserundurchlässiges „Raupenleimpapier" aufgetragen. Die Verwendung der Unterlage hat außer dem Schutz der Bäume die Vorteile, daß eine vollständige Entfernung der alten Leimringe und eine Reinigung und Sauberhaltung der Bäume möglich ist, und daß besonders die dünn aufzustreichenden hellen Raupenleime für längere Zeit ihre Klebkraft behalten. Im Forstbau läßt sich die Verwendung von Raupenleimpapier praktisch nicht durchführen und ist dort z. B. bei der wegen ihrer starken Borkenbildung weniger empfindlichen Kiefer auch nicht notwendig.

Dem Raupenleim verwandt ist der in Haushaltungen an Fliegenfängern viel benutzte Fliegenleim, zu dessen Herstellung meist Kolophonium, Terpentinöl, Rizinusöl, Leinöl, Rüböl, Wachs und Honig verwandt werden.

Zum Schutz von Baumwunden und von ausgeschnittenen Krebsstellen an Obstbäumen wird Baumwachs verwandt, das, in ähnlicher Weise wie die Raupenleime, durch Zusammenschmelzen von Fichtenharz, Leinöl, Bienenwachs, Spiritus und anderen Stoffen hergestellt und in salbenartiger Form auf die Wunden gestrichen wird. Es wird von zahlreichen Firmen als Handelspräparat vertrieben. Eine besondere Bedeutung kommt ihm nicht zu, da besonders in Großbetrieben des Obstbaues und in Parkanlagen als Streichmittel zur Wundbehandlung meist Steinkohlenteer, Holzteer, Pech oder Karbolineen benutzt werden.

Als Streichmittel sind weiter die Blutlauspinselmittel von Wichtigkeit, da sie eine durchgreifende Vernichtung der einzelnen Blut-

---

[1]) Raupenleime liefern u. a.: Chemische Fabrik Ara, Würzburg (Araba-Raupenleim); O. Hinsberg, Nackenheim a. Rh. (Ichneumin-Raupenleim); J. G. Farbenindustrie A.-G., Frankfurt a. M., (Hoechster Raupenleim); Oskar Spalteholz, Freital-Potschappel; W. Teller, Magdeburg-West (Tropenleim); L. Meyer, Mainz (Raupenleim „Mainz").

lauskolonien gestatten. Während die zur Blutlausbekämpfung benutzten Spritzmittel selten ausreichende Wachslösung und Tiefenwirkung (Benetzungsfähigkeit) zeigen, um bei den durch starke Wachsausscheidungen vor Benetzung geschützten Blutlauskolonien sämtliche Tiere zu töten, können bei den Pinselmitteln diese Eigenschaften durch geeignete chemische Zusammensetzung erreicht werden. Die Anwendung der meist stark laubschädigenden Blutlauspinselmittel wird dadurch ermöglicht, daß der Schädling in erster Linie an den holzigen Teilen der Apfelbäume auftritt und nur bei sehr starkem Befall auch auf die Blätter und jungen Triebe übergeht. Die Blutlausbekämpfung mit Hilfe der Pinselmethode ist besonders bei Spalierobst und kleinen Buschbäumen am Platze. Sie wird schwierig oder undurchführbar bei alten Hochstämmen und in Großbetrieben. Immerhin wird noch in mittelgroßen Betrieben die Pinselmethode verwandt, indem ein Arbeiter alle vier Wochen den ganzen Bestand durchsieht und jeden Befall in den Anfängen vernichtet. Bei hochsitzenden Blutlauskolonien kann der Pinsel an einer Stange befestigt werden, um die lästige Verwendung von Leitern zu vermeiden.

Zu den Blutlauspinselmitteln gehören einmal altbewährte Hausmittel, wie Brennspiritus, Spiritus + 1 Proz. Schellack, Leinöl, Benzol, Benzol + Ölfarbe, Gemische aus Schmierseife, Fuselöl und Spiritus, weiterhin aber auch brauchbare Handelspräparate wie Aphidon (I. G. Farbenindustrie A.-G., Abtlg. für Schädlingsbekämpfung, Berlin SO 36) und Limitol (Chemische Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin N 39). Durch den Zusatz von Schellack zu Spiritus und von Ölfarbe zum Benzol werden die behandelten Stellen in ähnlicher Weise, wie bei Limitol und Aphidon, mit einem den Neubefall erschwerenden Häutchen überzogen. Das als Pinselmittel zur Blutlausbekämpfung oft empfohlene Petroleum wird neuerdings wegen der möglichen Schädigung der Bäume abgelehnt.

Zur Bekämpfung der durch die Milben Phyllocoptes vitis und Epitrimerus vitis verursachte Akarinose der Reben wird das Bestreichen der Überwinterungsstellen der Schädlinge (Übergangsstellen des jungen zum vorjährigen Holz der Rebstöcke) mit Schwefelkalkbrühe oder Solbar (vgl. S. 227 u. 232) empfohlen. — Zur Bekämpfung des Kaffeebeerenkäfers werden in Holländisch-Indien die Bohrlöcher des Schädlings mit einer Mischung von Petroleum und Wagenschmiere bestrichen, ein Verfahren, das zum Absterben des in den Beeren lebenden Schädlings führt und selbst in großen Pflanzungen durch die in den Plan-

[1]) Hiltner und Kronberger: Die Ernährung der Pflanze, 1924, 20. Jahrg., S. 65 und 73.

tagen zur Verfügung stehenden billigen Arbeitskräfte durchführbar ist. — Eigelege (Eischwämme) des Schwammspinners und Goldafters werden durch Auftragen von Petroleum, dem zur erleichterten Durchführung der Methode Alkannin zugesetzt wird, vernichtet.

Theoretische Bedeutung haben vorläufig noch die von Hiltner und Kronberger[1]) erzielten Ergebnisse, durch Bepinseln der Blätter erkrankter Pflanzen mit bestimmten Lösungen (z. B. bei Chloroseerkrankungen mit Eisensulfatlösungen) die Krankheit zu beheben. Das Verfahren, das durch Pinsel- und auch vielleicht durch Spritzmittel durchzuführen ist, hat bis jetzt noch keine praktische Bedeutung erlangt.

7. Gießmittel

a) Allgemeines über Gießmittel

Als „Gießmittel" lassen sich chemische Pflanzenschutzmittel bezeichnen, die in flüssiger Form oder wäßriger Lösung gegen pilzliche und tierische Bodenschädlinge durch Überbrausen der befallenen Bodenflächen oder durch direktes Eingießen der Mittel in den Boden, gegen pilzliche Schädlinge in Saatgut, Zwiebeln und Knollen durch Überbrausen der befallenen Pflanzenteile angewandt werden. Zur Verteilung der Mittel bedient man sich beim Überbrausen der gewöhnlichen Gießkannen. Zum Eingießen in den Boden werden bestimmte Flüssigkeitsmengen mit Meßgefäßen abgemessen und in die in den Boden eingestoßenen Löcher eingefüllt. Handlicher sind einerseits die zur Nagetierbekämpfung vielbenutzten Verteilungskannen (s. S. 332), die durch Hebeldruck eine sparsame und gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit ermöglichen, andererseits die im Weinbau gebräuchlichen Spritzpfähle (s. S. 333), welche auf Druck eines Knopfes hin bestimmte Flüssigkeitsmengen in eine bestimmte Bodentiefe eintreten lassen.

Die Bekämpfung der an Saatgut und Knollen befindlichen pilzlichen Schädlinge mit chemischen Mitteln wird allgemein als „Beizung" bezeichnet; die hierfür in Frage kommenden Gießmittel (Benetzungsbeizmittel) sind daher zusammen mit den entsprechenden Tauchmitteln (Tauchbeizmitteln) und Stäubemitteln (Trockenbeizmitteln) als „Beizmittel" besonders behandelt (s. S. 301). Weiterhin berücksichtigen die nachfolgenden Beispiele nicht diejenigen Gießmittel, die erst in gasförmigem Zustand ihre Wirkung auf tierische Schädlinge zeigen. Die Mittel sind zusammen mit anderen Mitteln ähnlicher Wirkungsweise als „Vergasungsmittel" (s. S. 326) berücksichtigt worden. Sowohl Beizmittel als auch Vergasungsmittel stellen auf Grund ihrer Eigenart festgeschlossene Gruppen dar, deren Aufteilung trotz der diesem Buche zugrunde

liegenden Einteilung aus verschiedenen Gründen nicht wünschenswert erschien.

Die gegen pilzliche und tierische Schädlinge zur Verwendnug kommenden Gießmittel werden auch als „Bodendesinfektionsmittel" und ihre Anwendung zusammen mit „Bodendesinfektionsmaßnahmen" (Verwendung von Hitze usw.) kurz als „Bodendesinfektion" bezeichnet.

b) Art der Gießmittel

Gegen freibewegliche Tiere finden Gießmittel in ganz vereinzelten Fällen Anwendung. Als Beispiel sei die Heuschreckenbekämpfung angeführt, bei welcher einmal aus Gießkannen arsenhaltige Flüssigkeiten zur Vergiftung der natürlichen Nahrung (Weideland, frisch gemähtes Gras), dann auch Petroleum-Seifenemulsionen, Mineralöle und Karbolsäurelösungen zur Vernichtung der aus Hüpfern (Larven) bestehenden Heuschreckenschwärme verteilt werden.

Recht mannigfaltig ist die Verwendung der Gießmittel zur Bekämfung von tierischen Bodenschädlingen. Zur Feststellung der Befallstärke bei Tipulaschäden wird die Benzolprobe verwandt, bei der an verschiedenen Stellen der befallenen Weiden und Äcker 1 qm große Flächen mit Benzol begossen werden. An der Zahl der Tipulalarven, die fast vollzählig den Boden verlassen und an der ätzenden und erstickenden Wirkung des Benzols auf der Erdoberfläche eingehen, wird die Höhe des Befalls geschätzt. Eine Bekämpfung der Tipulalarven mittels Benzol ist wegen der damit verbundenen starken Schädigung der Vegetation nicht möglich. Als Ersatz des Benzols wird neuerdings 4proz. Ammoniakwasser (2 Liter je 2 qm) oder eine 12proz. Ammoniumkarbonatlösung (3 Liter je 2 qm) zur Feststellung der Stärke des Tipulabefalles empfohlen, da diese Mittel der Vegetation weniger schädlich sind.

Gegen die Kohlfliege Phorbia (Chortophila) brassicae ist Quecksilberchlorid das beste Bekämpfungsmittel. Die Methode wird schon seit Jahren in Amerika in der Form angewandt, daß 4 Tage nach dem Auspflanzen und später noch dreimal in Abständen von je einer Woche die Kohlpflänzchen mit einer 0,06—0,1proz. Sublimatlösung begossen werden. Für jede Pflanze werden mindestens 50 ccm der Lösung benötigt, so daß 10 Liter für 200 Pflanzen ausreichen. Auch in Deutschland hat das Verfahren Beachtung gefunden, so wurde von T. Haken an der Anstalt für Pflanzenschutz in Münster in Westfalen [1]) ein Mehrertrag durch Hinderung des Kohlfliegenbefalls gegenüber unbehandelten Parzellen bei Sublimat um 130—190 Proz., bei Verwendung von Kohlragen (s. S. 80) um

[1]) Haken, T.: Landwirtschaftliche Zeitung für Westfalen und Lippe, 1926.

40—100 Proz. erreicht; Sublimat war später in den Weiß- und Rotkohlköpfen trotz reichlichen Gießens nicht festzustellen. Auch das Gießen der Kohlpflanzen mit einer 0,25proz. Uspulunlösung (s. S. 309) ergab gegen Kohlfliegenbefall befriedigende Ergebnisse; das Verfahren ist aber teuerer als die Verwendung von Sublimat.

Zur Bekämpfung der Zwiebelfliege Hylemyia antiqua hat sich Sublimat als bestes Bekämpfungsmittel erwiesen, das in Amerika viel angewandt wird. Die jungen, 2,5 cm hohen Zwiebelpflänzchen und das umliegende Erdreich werden mit einer 0,06proz. Sublimatlösung begossen, und die Behandlung wird nach je 10 Tagen 3—5mal wiederholt. Auch Bordeaux-Ölemulsionen (2proz. Ölemulsion in Kupferkalkbrühe) sollen befriedigende Ergebnisse gezeigt haben. Die Mittel werden in Illinois [1]), wo die Zwiebelfliege oft 35—50 Proz. der Ernten vernichtet, auch in Großbetrieben mit Hilfe fahrbarer Verteilungsapparate angewandt.

Zur Austilgung der Reblausherde schreibt der staatliche Reblausbekämpfungsdienst in Deutschland außer der Vernichtung der Reben und der Tiefenentseuchung des Bodens durch Schwefelkohlenstoff noch eine Behandlung der Erdoberfläche vor. Zur Durchführung dieser Oberflächendesinfektion und zur Desinfektion der Schuhe und des Ackergerätes werden in erster Linie Kresolseifenlösungen, Saprosollösungen (Chem. Fabr. Dr. H. Noerdlinger, Floersheim a. M.) und Petroleum verwandt; durch gewissenhafte Befolgung dieser Desinfektionsvorschriften soll eine künstliche Weiterverbreitung der Reblaus durch die Arbeiter verhindert werden.

Als wichtigstes Gießmittel zur Bekämpfung tierischer Schädlinge ist der Schwefelkohlenstoff zu nennen, der gegen Bodenschädlinge aller Art (Nematoden, Reblaus, Insektenlarven, Nagetiere usw.) als Bodendesinfektionsmittel zur Anwendung kommt. Zur Bekämpfung des Koloradokäfers sind im Ausrottungsverfahren bestimmte Steinkohlenteeröle zur Anwendung gelangt. Nähere Angaben über Schwefelkohlenstoff und die Teeröle finden sich unter Vergasungsmitteln auf S. 331 und 370.

Zur Bekämpfung pflanzlicher Schädlinge haben Lösungen von Sublimat, Formaldehyd und Uspulun als Gießmittel besondere Beachtung gefunden.

Gegen die durch Plasmodiophora brassicae hervorgerufene Kohlhernie hat sich Uspulun (s. S. 309) bewährt. Von den anderen gelegentlich zur Anwendung kommenden Mitteln ist noch Formaldehyd zu nennen, der als 1proz. Lösung in einer Menge von 5 Liter je qm benutzt wird, aber nur gewisse Erfolge gebracht hat. Die Verwendung des Uspulun

[1]) Flint, W. P.: Journal of economic Entomology, 1925, Vol. 18, S. 111.

erfolgte zuerst als Gießmittel, indem 5—8 Liter einer 0,5proz. Uspulunlösung je qm über die befallenen Parzellen gleichmäßig verteilt wurden. Die Wirkung aber war so schwach, daß man bald auch zur Behandlung der Einzelpflanzen überging. Nach Esmarch[1]) ist es zweckmäßig, die Erde eines jeden Pflanzloches mit 2,5 g Uspulun zu mischen und später nach dem Auspflanzen in Abständen von 8—14 Tagen die ganze Fläche mit einer 0,25proz. Uspulunlösung (7—10 Liter je qm) zu überbrausen. Weiter ist empfohlen worden, die Setzlinge mit Hilfe eines Setzholzes in die Erde einzudrücken und das vom Setzholz gemachte Loch mit einer 2—3proz. Uspulunlösung zu füllen oder die eigentlichen Pflanzlöcher vor dem Auspflanzen mit je $^1/_4$ Liter einer 0,25proz. Uspulunlösung zu beschicken und die Pflanzen nach dem Auspflanzen viermal in Abständen von 8—10 Tagen mit je $^1/_4$—$^1/_2$ Liter 0,25proz. Uspulunlösung zu begießen. Über die Wirkung der einzelnen gebräuchlichen Verfahren geben die von Esmarch[2]) erlangten Versuchsergebnisse Auskunft:

1. unbehandelte Parzelle . . . . . 95 Proz. krank
2. Pflanzlöcher vor dem Pflanzen mit $^1/_4$ Liter Uspulunlösung (0,25 Proz.) gefüllt . . . . . 89 Proz. krank
3 Pflanzlöcher wie bei 2. behandelt, Pflanzen außerdem viermal mit (0,25 Proz.) Uspulunlösung begossen . . . . . 53 Proz. krank
4. Erde der Pflanzlöcher mit je 1 g Uspulun gemischt . . . . . 29 Proz. krank

Die Wirkung der Uspulunlösung wird nach H. Bremer durch starke Adsorption des Quecksilbers durch den Boden gemindert, eine Erscheinung, die bei dem dem Boden beigemischten Uspulunpulver nicht in gleichem Maße eintritt. Nach H. Bremer[3]) beruht die Wirkung aller zur Kohlherniebekämpfung benutzten Mittel (vgl. S. 287 u. 301) nur auf einer Abtötung der geschlüpften Myxamöben und in einer Hemmung der Sporenkeimung, nicht auf einer Abtötung der im Boden ruhenden Sporen. Die Mittel führen daher nicht zur Entseuchung des Bodens, sondern bewahren im günstigsten Fall infolge der verhinderten Sporenkeimung nur die gesetzten Pflanzen vor der Erkrankung; sie müssen in jedem Jahre wieder neu angewandt werden. Die Benutzung des Uspuluns ist wegen seiner Kostspieligkeit und der Umständlichkeit der Methode bloß für kleine Parzellen möglich.

---

[1]) Esmarch: Die kranke Pflanze, 1924, S. 169.

[2]) Esmarch: Die kranke Pflanze, 1924, S. 34.

[3]) Bremer, H.: Landw. Jahrbücher, 1923, Bd. 59, S. 227 und Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 4. Jahrg., 1924. S. 16 und 73.

Zur Bekämpfung der in Saat- und Anzuchtbeeten oft stark auftretenden, durch verschiedene pilzliche Erreger verursachten Keimlings- und Setzlingskrankheiten vieler Gemüsearten (Gurken, Sellerie, Zwiebeln, Petersilie usw.), des Tabaks, der Nelken usw. werden durch Überbrausen der befallenen Parzellen (5 Liter je qm) mit einer 1proz. Formaldehydlösung (2,5 Liter der käuflichen 40proz. Lösung auf 100 Liter Wasser) wirksam bekämpft; die Wirkung des Formaldehyds kann durch 2tägiges Bedecken der behandelten Parzellen mit geteertem Segeltuch erhöht werden. Nach guter Umarbeitung des Bodens können nach 7—10 Tagen Sämereien ausgesät, nach 10—14 Tagen Setzlinge ausgepflanzt werden. — Für den in Amerika sehr große Schäden anrichtenden Zwiebelbrand Urocystes (Tuburcinia) cepulae hat sich eine 0,3proz. Formaldehydlösung als Gießmittel bei der Aussaat in einer Menge von 7,5 Liter je 100 m Drillreihe als bestes Mittel bewährt; die Verwendung im großen wird durch Benutzung fahrbarer Verteilungsapparate ermöglicht. — Zur Desinfektion der Gewächshauserde wird die Anwendung von 50 Litern einer 0,3proz. Formaldehydlösung je qm empfohlen; die Erde wird auch hier wieder 1—2 Tage lang durch dicke Pappe, Ölpapier oder mit Formaldehyd getränkte Säcke bedeckt; die Aussaat erfolgt erst, wenn auch in tieferen Bodenschichten kein Formaldehydgeruch mehr wahrnehmbar ist.

Zu der zur Bekämpfung des Getreideschwarzrostes in einigen Staaten gesetzlich angeordneten Vernichtung der Berberitzensträucher (s. S. 18 u. 290) wird in Nord-Amerika, wo in den Jahren 1918—1922 in 13 Staaten mehr als 5 Millionen Sträucher beseitigt wurden, u. a. als Gießmittel eine 2proz. Natriumarsenitlösung in einer Menge von 10 Litern pro Strauch zur Abtötung der Wurzeln verwandt. Zur Unkrautbekämpfung auf Wegen und Plätzen hat sich das Unkrautvertilgunsgmittel „Silesia“ der W. Güttler A.-G., Hamburg 11 (1—2 Liter einer 2,5—3proz. Lösung je qm) gut bewährt.

Von den nichtparasitären Pflanzenkrankheiten sei als Beispiel die Chlorose der Reben angeführt, die durch Gießen der erkrankten Rebstöcke mit 5—10proz. Eisensulfatlösungen verschiedentlich geheilt worden ist. Nach italienischen Versuchen [1]) wird die Wirkung des Eisensulfates von einer 0,2proz. Eisenperchloratlösung noch übertroffen, von welcher 5—6 Liter in einen im Abstand von 50—60 cm um den Rebstock gezogenen Graben gegossen werden.

---

[1]) Vgl. Riehm: Mitteilungen a. d. Biologischen Reichsanstalt, Heft 24, S. 20.

8. Tauchmittel

a) Allgemeines über Tauchmittel

Als „Tauchmittel" können diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel bezeichnet werden, bei welchen die befallenen Pflanzen oder Pflanzenteile in wäßrige Lösungen oder Brühen des Mittels eingetaucht werden. Die Handhabung dieser Mittel ist in den meisten Fällen die denkbar einfachste; sie kann jedoch unter Benutzung der verschiedenartigsten Tauchapparate (z. B. bei Beizmitteln) eine große Mannigfaltigkeit aufweisen.

b) Art der Mittel

Als Tauchmittel kommen zur Schädlingsbekämpfung Mittel in Frage, die für die einzelnen pilzlichen und tierischen Schädlinge spezifisch sind und die schon in den früheren Abschnitten größtenteils Beachtung fanden. Zur Anwendung gelangen Tauchmittel an Topfpflanzen, Freilandpflanzen, Baumschulgewächsen, Setzreben, Sämlingen, Zwiebeln, Knollen und Saatgut.

Topfpflanzen werden zur Bekämpfung von Blattläusen und Spinnmilben umgekehrt in der auf Zimmertemperatur erwärmten Lösung des Mittels (z. B. Tabakseifenbrühe, vgl. S. 187) kurz gebadet, wobei der Topfballen nicht mit der Flüssigkeit in Berührung kommen darf. Kakteen hat man durch Tauchen in einen dünnen Lehmbrei von Spinnmilben befreien können. Zur Bekämpfung der in den Blättern lebenden Nematodenarten ist ein Baden der befallenen Pflanzenteile in 1proz. Uspulunlösung empfohlen worden.

In kleineren, wertvollen Beständen können auch Freilandpflanzen durch Tauchen einzelner befallener Triebe von Schädlingen befreit werden. Die Tauchmethode ist besonders zur Bekämpfung der in stark gerollten Kirsch- und Apfelblättern oder in gekräuselten Johannisbeertrieben vor Spritzmitteln geschützt sitzenden Blattläuse geeignet. Seltener ist die Tauchmethode zur Behandlung von Wurzeln wegen der Umständlichkeit der Methode, der Schädigung der Wurzeln durch das Ausgraben und der Empfindlichkeit der Wurzeln gegenüber den meisten chemischen Bekämpfungsmitteln in Frage gekommen. Nach B. R. Leach[1]) wird in Amerika zur Bekämpfung der in Wurzeln perennierender Pflanzen bohrenden Insektenlarven ein 9—18stündiges Eintauchen der Wurzeln in Wurmsamenöl-Emulsionen empfohlen. Das Wurmsamenöl (Oleum chenopodii anthelmintici) wird von Chenopodium ambrosioides als flüchtiges, „Ascaridol" enthaltendes Öl gewonnen. Die als Tauch-

[1]) Leach, B. R.: U. S. A. Dep. of Agric. Bull. 1332, 1925.

mittel verwandte Emulsion soll die Larven abtöten, ohne die Wurzeln der Pflanzen zu beschädigen.

Wichtig sind die Tauschmittel für Baumschulgewächse aller Art und Setzreben geworden, da die einzelnen Staaten zu Verhinderung der Einschleppung fremder Schädlinge einmal nur gesundes Pflanzenmaterial zur Einfuhr zulassen, dann aber außerdem häufig die eingeführten Pflanzen noch einer gewissen Beobachtungszeit unterziehen, in welcher sie nochmals entseucht werden. Zur Entseuchung der Pflanzensendungen werden neben Vergasungsmitteln auch Tauchmittel benutzt. Bei den Tauchmitteln ist nach Marchal und Vayssière[1]) in Nordamerika ein Verfahren in Anwendung gekommen, das, ähnlich dem Vakuum-Blausäureverfahren (s. S. 360), die Verwendung der Tauchmittel bei Unterdruck vorsieht. Die Pflanzen werden ganz in die Tauchmittel eingetaucht, dann wird der die Tauchbottiche enthaltende, luftdicht verschließbare Raum bis zu 685 mm Unterdruck ausgesaugt und bald wieder auf Normaldruck gebracht; die Behandlungsdauer beträgt 5 Minuten. Bei der Vakuumbildung über der Flüssigkeit entweicht die zwischen den Wurzeln und in den Tracheen der Insekten befindliche Luft und entsteigt in Form von Luftbläschen der Flüssigkeit, bei Wiederherstellung des Normaldruckes über der Flüssigkeit dringt dann die Flüssigkeit bis in die letzten Hohlräume und in die Tracheen der Tiere ein und tötet die Tiere ab. Als Tauchmittel werden u. a. Schwefelkalkbrühe, Ölemulsionen, Nikotinsulfat- und Nikotinlösungen verwandt. Das Verfahren, das besonders zur Vernichtung von minierenden und zwischen Wurzeln sehr versteckt sitzenden Schädlingen höchst geeignet ist, wird besonders in Kalifornien mit Hilfe großer Apparate durchgeführt. — Die Desinfektion der Setzreben mit Tauchmitteln wird unter besonderer Berücksichtigung der Reblausbekämpfung durchgeführt; sie ist auch für den innerhalb der einzelnen Länder notwendigen Versand zur Niederhaltung der Reblaus von größter Wichtigkeit. Zur Desinfektion wird in Deutschland ein einstündiges Baden der Setzreben in einer 1proz. Saprosollösung (Dr. H. Nördlinger, Flörsheim a. M.) mit nachfolgender guter Abspülung in Wasser angewandt; in der Schweiz werden die Setzreben und die von Frankreich eingeführten Unterlagshölzer einer 12stündigen Behandlung mit 3proz. Kaliumsulfokarbonatlösung, der 1proz. Schmierseife zugesetzt ist, unterzogen. Auch andere Mittel, wie schwache Lysollösungen, haben zur Setzrebendesinfektion Verwendung gefunden.

Als Beispiel der Desinfektion von Sämlingen durch Tauchmittel sei das in Holländisch-Indien angewandte Verfahren angeführt, bei wel-

[1]) Marchal und Vayssière: Annales des Epiphyties 11. Jahrg., 1925, Nr. 3.

chem junge Tabakpflanzen vor dem Auspflanzen aufs Feld in eine Bleiarseniat-Seifenbrühe (1 Proz. + 0,3 Proz.), der auch Derrispulver (s. S. 193) zugemischt werden kann, eingetaucht werden, damit sie frei von Schädlingen aufs Feld kommen und auch dort noch eine Zeitlang geschützt sind. — Zur Hinderung des Kohlfliegenbefalles wird empfohlen, die Kohlpflänzlinge vor dem Anpflanzen in Tabakstaubbrei einzutauchen. Setzlinge von Kohl konnten weiterhin nach Esmarch[1]) beim Auspflanzen durch Einsetzen in einen Brei von Lehm und Kuhdung, dem eine Lösung von 2,5 g Uspulun und 25 g Solbar auf 1 Liter Wasser zugefügt war, mit Erfolg vor Kohlhernie geschützt werden.

Die größte Bedeutung haben die Tauchmittel als Beizmittel zur Bekämpfung der den Sämereien und Knollen anhaftenden pilzlichen Krankheitserreger erhalten. Die als Beizmittel in Betracht kommenden Tauchmittel haben auf S. 306 Beachtung gefunden. Zur Befreiung der Sämereien, Zwiebeln und Knollen von tierischen Schädlingen kommen Tauchmittel nur in einzelnen Fällen in Frage, so sollen z. B. Blumenzwiebeln durch 10 Minuten langes Baden in einer auf 50° C erwärmten 2proz. Formaldehydlösung von Nematoden befreit werden können. (Vergleiche hierzu die Verwendung von warmem Wasser [kein chemisches Tauchmittel!] zur Bekämpfung pilzlicher und tierischer Schädlinge in Saat- und Pflanzgut und Speichervorräten auf S. 103—111.)

9. Beizmittel

a) Allgemeines über Beizmittel

Als Beizmittel wurden ursprünglich nur diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel bezeichnet, die zur Bekämpfung der dem Getreidesaatgut äußerlich anhaftenden und die Keimlingspflanzen befallenden pilzlichen Schädlinge unserer Getreidearten geeignet sind. Da sich bald die Brauchbarkeit einiger Getreidebeizmittel auch zur Bekämpfung von Krankheitskeimen an Gemüsesämereien und an Kartoffelknollen herausstellte, hat sich der Begriff „Beizmittel" heute dahin ausgedehnt, daß man darunter diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel versteht, die zur Bekämpfung der an Sämereien, Knollen und Zwiebeln anhaftenden pilzlichen Schädlinge ohne Beeinträchtigung der Keimfähigkeit dieser Vermehrungsorgane zu verwenden sind. Im Gegensatz zur Bekämpfung pilzlicher Schädlinge durch „Beizung" wird die Bekämpfung der die Sämereien, Zwiebeln und Knollen befallenen tierischen Schädlinge als „Desinfektion" bezeichnet.

[1]) Esmarch: Die kranke Pflanze, 1924, S. 169.

Am wichtigsten für die deutschen Verhältnisse sind die Beizmittel als Getreidebeizmittel zur Bekämpfung derjenigen Brandkrankheiten, deren Erreger als Sporen, wie beim Weizensteinbrand oder -stinkbrand (Tilletia tritici) und Gerstenhartbrand (Ustilago hordei) den Getreidekörnern außen anhaften, oder als Dauermyzele, wie beim Schneeschimmel des Roggen und Weizen (Fusarium), Streifenkrankheit der Gerste (Helminthosporium gramineum) und Haferflugbrand (Ustilago avenae) zwischen Spelzen und Frucht und in den Zellschichten der Fruchtwand ruhen. Die Bekämpfung des Weizenflugbrandes (Ustilago tritici) und des Gerstenflugbrandes (Ustilago nuda) ist mit chemischen Mitteln nicht möglich; sie wird jedoch mit Hilfe der Heißwasserbehandlung (s. S. 103) durchgeführt.

Als Beizmittel kommen Tauchmittel, Gießmittel und Stäubemittel in Betracht, je nachdem das Saatgut in das Beizmittel völlig eingetaucht oder nur von geringen Mengen der Beizflüssigkeit überbraust oder mit dem feinpulverförmigen Beizmittel eingestäubt wird. Für die Durchführung der Beizung lassen sich daher folgende Anwendungsweisen unterscheiden: Tauchbeize, Benetzungsbeize und Trockenbeize, zu denen weiterhin die Kettenbeize, die kombinierte Tauchbenetzungsbeize, das kombinierte Tauchbeize-Heißwasserverfahren und das Bekrustungsverfahren hinzukommen.

Bei der Tauchbeize wird das Saatgut in eine reichliche Menge Beizlösung eingetaucht und eine bestimmte Zeit (Behandlungsdauer) darin belassen, dann wird die Flüssigkeit entfernt, und das Getreide in dünner Schicht zum Trocknen ausgelegt. Für die Wirkung der Beizmittel ist einerseits die Konzentration der Lösung, andererseits die Dauer der Behandlung von Wichtigkeit. Bleiben beide hinter den geforderten Ansprüchen zurück, so ist die Wirkung der Tauchbeize auf die Brandsporen nicht ausreichend; werden Konzentration und Behandlungsdauer überschritten, so treten leicht Schädigungen der Keimfähigkeit des behandelten Getreides ein, die zum völligen Verlust der Keimfähigkeit, zum „Totbeizen" des Getreides, führen können. Nach neueren Untersuchungen kommt auch der Temperatur[1]) mindestens ein theoretischer, vielleicht auch ein für die praktische Durchführung der Tauchbeize in Frage kommender Wert zu. Infolge der reichlichen Verwendung der Beizlösung bei der Tauchbeize ist eine vollkommene Benetzung des Saatgutes möglich; die Tauchbeize gibt daher die beste Gewähr für eine gute Wirk-

[1]) Vogt, E.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1924, S. 62 und Lang, W.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1925, S. 29 und Gassner, G. und Rabien, H.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1926, Bd. 14, S. 367.

samkeit der Mittel. Bei langsamem Einfüllen oder gutem Durchrühren des Weizens lassen sich beim Tauchverfahren die oben schwimmenden Steinbrandbutten restlos entfernen. Welche Vorteile eine vollständige Entfernung der Brandbutten in sich birgt, ergibt sich aus der Tatsache, daß jede Butte etwa 4 Millionen Brandsporen enthält, und daß beim Zerdrücken einer im gebeizten Saatgut zurückgebliebenen Butte das gebeizte Saatgut in weitem Maße wieder infiziert werden kann. Als Nachteil der Tauchbeize ist die Aufnahme größerer Mengen Wassers durch das Saatgut zu nennen (bei Getreide bis 28 Proz., bei Rüben bis 50 Proz.), welches durch Nachtrocknen entfernt werden muß. Vor allem in kleineren Wirtschaften, die nicht über besondere Trocknungsapparate und Trocknungsanlagen verfügen und das Getreide durch flaches Ausbreiten auf Tennen und Samenkammern trocknen müssen, wird dieser Trocknungsprozeß als lästig empfunden. Nach E. Vogt (1926) verbraucht man bei sparsamster Ausnutzung der Beizlösung für 10 Ztr. Saatgut bei Weizen und Roggen 165 Liter, bei Bohnen und Erbsen 200 Liter, bei Gerste 240 Liter, bei Hafer 320 Liter und bei Rübenknäueln 1100 Liter Beizflüssigkeit.

Bei der Kettenbeize wird die Beizflüssigkeit zur Beizung mehrerer Getreidemengen hintereinander benutzt, wobei nach jeder Beizung der durch die Behandlung entstandene Verlust an Beizlösung aus einem Reservebottich wieder ergänzt wird. Bei vielen Beizmitteln, insbesondere bei den quecksilberhaltigen, wird der Beizflüssigkeit die wirksame Substanz durch das Getreide entzogen, so daß die Beizlösungen „entgiftet", d. h. in ihrer Konzentration herabgesetzt werden. Inwieweit diese Entgiftung bei den einzelnen Beizmitteln vor sich geht, zeigt u. a. G. Hilgendorff[1]):

Beizmittel	Konz. Proz.	Beizdauer Min.	Hg-Verlust der Beize in Proz. der Anfangskonzentration	Konzentration der Nachfüll-Lösung Proz.
Uspulun	0,5	30	28,0	0,96
Uspulun	0,25	30	37,2	0,57
Germisan	0,5	30	21,7	0,86
Germisan	0,25	30	17,3	0,40
Urania-Saatbeize . .	0,25	30	29,8	0,52
Urania-Saatbeize . .	0,25	60	37,3	0,55

Den Verlust an Quecksilber muß man durch höhere Konzentration der Nachfüllbeizlösung aus dem Reservebottich wieder ergänzen. Wenn auch dieser Ersatz bei jedem Beizmittel verschieden ist, so wird doch zur

[1]) Hilgendorff, G.: Zeitschrift für angew. Chemie, 39. Jahrg., 1926, S. 377.

leichteren praktischen Durchführung der Beize empfohlen, als Nachfüllkonzentration diejenige Konzentration zu wählen, in welcher das Mittel für die Benetzungsbeize vorgeschrieben ist, eine Konzentration, die sich meist in doppelter Höhe der Konzentration der Tauchbeize hält. Eine Erhöhung der Konzentration ist beim Formaldehyd, dessen Beizlösung durch Beizung nicht entgiftet wird, unnötig.

Die Benetzungsbeize sieht als einfachste Beizdurchführung das Überbrausen des in Haufen aufgeschütteten Saatgutes mit einer bestimmten, verhältnismäßig geringen Menge der Beizflüssigkeit vor; zur gleichmäßigen Verteilung der Beizlösung wird das Getreide gut durchgeschaufelt. Das Saatgut bleibt dann, mit Säcken oder Zeltplanen bedeckt, noch einige Stunden liegen, um das Beizmittel voll zur Wirkung kommen zu lassen. Nach E. Vogt (1926) benötigt man zur ausreichenden Benetzung von 1 Ztr. Saatgut bei Weizen und Roggen etwa 7,5 Liter, bei Gerste 8 Liter und bei Hafer 10 Liter Beizflüssigkeit. Die Benetzungsbeize findet sich viel im bäuerlichen Kleinbetrieb, da sie wenig Arbeit und auch weniger Sorgfalt erfordert als die Tauchbeize und da das Trocknen des wenig angefeuchteten Saatgutes leicht durchzuführen ist. Als Nachteile haften dem Benetzungsverfahren aber an, daß die meisten Beizmittel in der Benetzungsbeize weniger sicher wirken als in der Tauchbeize und daß bei der Steinbrandbekämpfung eine Entfernung der Brandbutten nicht möglich ist. Weizen, bei welchem durch Saatgutreinigungsmaschinen die Brandbutten noch nicht restlos entfernt sind, sollte daher nicht im Benetzungs-, sondern nur im Tauchverfahren gebeizt werden.

Als Abart des Benetzungsverfahrens ist das Bekrustungsverfahren zu nennen, bei welchem das Saatgut mit ganz geringen, zur Benetzung eben noch ausreichenden, aber konzentrierten Lösungen oder Brühen benetzt wird und die mit einer „Kruste" oder „Kandierung" versehenen Getreidekörner einer besonderen Trocknung nicht mehr bedürfen. In Deutschland sind Kupfer- und Quecksilberpräparate als brauchbare Mittel benutzt worden[1]); eine Bedeutung hat das Verfahren jedoch für Deutschland nicht bekommen. Anders ist jedoch das Bekrustungsverfahren in den Ländern zu bewerten, wo einmal durch Frühreife, dann auch durch nicht so gewissenhafte Erntearbeit viele Steinbrandbutten in den Boden gelangen, und wo bei fehlendem Fruchtwechsel auf denselben Flächen jährlich wieder Weizen angebaut wird (Weizenbezirke Nordamerikas). Hier hat sich das Bekrustungsverfahren

[1]) Gaßner, G.: Angew. Botanik, Bd. 9, 1927, S. 1, und Deutsche Landw. Presse, 54. Jahrg., 1927, S. 159; Hoffmann, G.: Pflanzenbau, 3. Jahrg., 1927, S. 318.

vorzüglich bewährt, da es infolge des starken Schutzmantels die ausgesäten Körner vor einer Nachinfektion vom Boden aus in weitestem Maße schützt.

Als kombinierte Tauch-Benetzungsbeize ist eine Beizung zu verstehen, bei welcher das Saatgut mit Hilfe kontinuierlich arbeitender Beizmaschinen (s. S. 321) einige Minuten lang durch die Beizlösung durchgeführt (Tauchbeize), dann herausgeschafft wird und in Säcken, Körben oder auf Haufen geschichtet und zugedeckt noch einige Stunden liegen bleibt (Benetzungsbeize). In den meisten Fällen geben diese Beizapparate, die ein leichtes, sicheres Arbeiten gestatten, die Möglichkeit, die Steinbrandbutten zu entfernen.

Das kombinierte Tauchbeize-Heißwasserverfahren sieht eine gleichzeitige Bekämpfung der Streifenkrankheit der Gerste und des Gerstenflugbrandes oder des Weizensteinbrandes und des Weizenflugbrandes vor, indem das Saatgut (Gerste bzw. Weizen) vier Stunden lang in den für Streifenkrankheit bzw. Steinbrand geeigneten Beizlösungen vorquillt und dann 10 Minuten lang der Heißwasserbehandlung bei 52° C unterworfen wird (vgl. S. 103). Die zum Vorquellen benutzte Beizlösung wird in schwächerer Konzentration genommen, als sie sonst zur Tauchbeize vorgeschrieben ist (z. B. bei Uspulun 0,125 Proz. statt 0,5 Proz.).

Bei der Trockenbeize endlich stäubt man das Saatgut mit trockenem, feingemahlenem Beizpulver ein; die Trockenbeize benötigt kein Wasser und vermeidet daher das mit jeder Naßbeize verbundene sehr lästige Trocknen des Getreides. Die notwendigen Mengen des Trocken- oder Staubbeizmittels, in der Regel 150—200 g je Ztr. Getreide, werden in besonderen Mischvorrichtungen mit dem Getreide gemischt. Das Verfahren hat die Vorzüge der leichten Durchführungsweise; das gebeizte Saatgut ist sofort saatfertig und kann ohne Schaden auch noch längere Zeit lagern; weiter soll das Saatgut durch die starke Einpuderung bei Verwendung guter Mittel so weit geschützt sein, daß eine restlose Entfernung der Brandbutten nicht mehr notwendig ist.

Die Wirksamkeit der einzelnen Beizmittel ist je nach der Art ihrer Zusammensetzung verschieden. Die wichtigsten wirksamen Bestandteile sind Kupferverbindungen, Quecksilberverbindungen und Formaldehyd. Kupferverbindungen hemmen nur die Keimung der Brandsporen, ohne die Sporen selbst abzutöten. Beim Formaldehyd dagegen findet keine Adsorption in Zellwänden und Sporenhüllen statt; die Formaldehydlösungen haben dafür vorzügliche Tiefenwirkung und eignen sich daher besonders für das Benetzungsverfahren. Die Wirkung der quecksilberhaltigen Mittel hängt von der im Präparat vorhandenen Quecksilberverbindung ab. Die leicht dissozierbaren anorganischen Quecksilbersalze,

Quecksilberchlorid und Quecksilberbromid, sind am wirksamsten; sie dringen schnell in die Sporen ein und führen zur sofortigen Abtötung, während es bei einigen organischen Quecksilberverbindungen wieder auf eine Adsorption in der Sporenhülle und eine Hinderung der Sporenkeimung hinauszulaufen scheint. Bei den Trockenbeizmitteln endlich tritt die Beizwirkung erst ein, wenn die Saat im Boden liegt, durch die Bodenfeuchtigkeit von der dem Saatkorn anhaftenden Trockenbeize geringe Spuren in Lösung gehen und dadurch die Sporen am Befall des Keimlings gehindert werden.

Bei der Naßbeize haben die bei jedem Mittel für die Tauch- und Benetzungsdauer angegebenen Zeiten nur praktische Bedeutung, da der eigentliche Beizvorgang viel länger dauert und besonders noch bei der Trocknung des Getreides durch starke Konzentrationszunahme von größter Wichtigkeit ist. Die Nachwirkungen mancher Beizmittel können sich dabei so steigern, daß die Keimfähigkeit des Getreides stark geschädigt wird. Keimschädigungen durch die Beizmittel können durch die Eigenart des Saatgutes noch begünstigt werden, wenn z. B. das Getreide bei außerordentlicher Hitze und Trockenheit ausgetrocknet oder nicht gut ausgereift oder durch Rasseeigentümlichkeiten (dünnbeschaltes Saatgut) oder durch Verletzungen (Dreschverletzungen) leichter empfindlich ist. Bei den quecksilberhaltigen Beizmitteln sind häufig Begünstigungen der aus dem gebeizten Samen sich entwickelnden Pflanzen beobachtet worden, Steigerungen der Lebensvorgänge, die selbst bis zur Steigerung der Ernteerträge führen, als „Stimulationswirkung“ bezeichnet werden und auf S. 134 schon behandelt sind.

Die zur Prüfung der Beizmittel in Betracht kommenden Methoden sind auf S. 143—145 angegeben. Zur zahlenmäßigen Bewertung der Beizmittel ist verschiedentlich der chemo-therapeutische Index benutzt worden (vgl. S. 149).

Die an ein brauchbares Beizmittel zu stellenden Anforderungen sind: möglichst großer Spielraum zwischen der erforderlichen Abtötungskonzentration für Brandsporen und der schädigenden Konzentration für das Saatgut, leichte und sichere Anwendungsweise, möglichst geringe Gefährlichkeit für Menschen und Haustiere und wirtschaftliche Preisgestaltung.

b) Art der Naßbeizmittel

Im Altertum bestand die primitivste Methode der Brand- und Rostbekämpfung nach Plinius in der Behandlung des Getreidesaatgutes mit Wein, Urin oder Jauche. Während man im Mittelalter die Brandkrankheiten als etwas Unabänderliches oder als Schicksalsschläge hin-

nahm, ging man erst in der Neuzeit mit dem Erstarken der Chemie daran, nach besonderen Mitteln zur Bekämpfung dieser Krankheiten zu suchen. Als eines der ältesten Verfahren ist das „Kälken" des Getreides, d. h. das Behandeln des Saatgutes mit Kalkmilch, zu nennen, das besonders in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts viel zur Anwendung kam. Eine ausreichende Beizwirkung kommt dem Kälken nicht zu.

Die erste Gruppe der brauchbaren Beizmittel umfaßt die kupferhaltigen Beizmittel. Schon im Jahre 1740 soll nach M. Hollrung[1]) Kupfersulfat in der Pfalz zur Brandbekämpfung benutzt worden sein, nach anderen Mitteilungen wurde im Jahre 1761 von Schultheß zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes empfohlen, die „schwimmenden Samen" (Brandbutten) abzuschöpfen und das Saatgut in 1,5proz. Kupfersulfatlösung einzutauchen. Im Jahre 1807 beobachtete Prévost die Keimungshemmung der Brandsporen durch verdünnte Kupfersulfatlösung. Die ersten erfolgreichen Infektionsversuche wurden jedoch erst von Julius Kühn durchgeführt, dessem energischen Eintreten (1859—1873) die Kupfervitriolbeize ihre Einführung und Beliebtheit in der Praxis verdankt. Das von Kühn empfohlene Verfahren sah eine 12—16stündige Tauchdauer des Saatgutes in einer 0,5proz. Kupfersulfatlösung und eine Nachbehandlung des Getreides durch Überbrausen oder kurzes Eintauchen in Kalkmilch vor. Auch als Benetzungsbeize ist Kupfersulfat benutzt worden; es kommt als einfaches Benetzungsverfahren (7,5 Liter einer 1proz. Kupfersulfatlösung je Zentner Saatgut, gut durchschaufeln und 12 Stunden mit Säcken bedeckt liegen lassen) oder als Bekrustungsverfahren (1,7—2 Liter einer 8proz. Kupfersulfatlösung auf einen Zentner Saatgut), letzteres besonders in Holland, zur Anwendung.

Die Nachteile des Kühnschen Beizverfahrens sind die zu lange Beizdauer und die zu starke Wasseraufnahme des Getreides, keine ausreichende Wirkung gegen Schneeschimmel und Streifenkrankheit, keine zuverlässige und durchgreifende Wirkung gegen Weizensteinbrand (da durch starke Niederschläge oder saure Bodenbestandteile das in den Brandsporenhüllen gespeicherte Kupfer leicht ausgewaschen und dadurch die Beizwirkung beeinträchtigt wird) und leichte Schädigung der Keimkraft des Saatgutes, die besonders bei notreifem oder durch Maschinendrusch stark verletztem Saatgut zu Fehlernten führen kann. Auch die von Kühn empfohlene Nachbehandlung mit Kalkmilch kann die Nachteile der Keimschädigung nicht voll beseitigen. Trotz dieser Nachteile findet man heute noch insbesondere in kleinbäuerlichen Betrieben die Ge-

[1]) Hollrung, M.: Kühn-Archiv, 1925, Bd. 9, S. 79.

treidebeize mit Kupfervitriol (Blaustein) wegen der Billigkeit und leichten Beschaffbarkeit von reinem Kupfersulfat und der Unabhängigkeit von teuren Geheimfabrikaten vielerorts in Gebrauch; die größeren Betriebe und die großen Saatzüchtereien sind jedoch längst zu den sicherer wirkenden Quecksilbermitteln übergegangen.

Außer Kupfersulfat sind auch Kupferazetat, Kupfernitrat, Kupfersulfat-Ammoniak und Kupferoxyd-Ammoniak zur Getreidebeizung versuchsweise angewandt worden, ohne daß aber mit ihnen besondere Vorteile gegenüber der Kupfersulfatbeize erzielt worden sind. Die Keimschädigung des Saatgutes hat durch Verwendung des Kupfersulfates als Kupferkalkbrühe (vgl. S. 211) vermieden werden können (Bekrustungsverfahren), doch steht die Beizwirkung der Kupferkalkbrühe hinter der anderer Präparate bedeutend zurück. Von den kupferhaltigen Handelspräparaten seien Tillantin B (Kupfer-Arsen-Präparat), Segetan I und Segetan II (Kupferoxyd-Ammoniak + Quecksilberzyanid bzw. Silberzyanid) und Corbin (Kupfer-Teerpräparat, gegen Vogelfraß geeignet, als Beizmittel nicht genügend wirksam) erwähnt.

Für die zweite Gruppe der Beizmittel kommt neben formaldehydhaltigen Präparaten in erster Linie der reine Formaldehyd in Frage, der als 40proz. Präparat im Handel ist. Die 0,1proz. Formaldehydlösung (250 ccm des käuflichen Formaldehyds auf 100 Liter Wasser) hat sich als bestes und billigstes Beizmittel zur Haferflugbrandbekämpfung bewährt und kann hierbei als Tauch- und Benetzungsbeize mit gutem Erfolg angewandt werden. Auch gegen Weizensteinbrand hat die 0,1proz Formaldehydlösung als Tauchbeize (10 Min. Tauchdauer) oder als Benetzungsbeize (5 Liter je Ztr., 2 Stunden bedeckt lassen) wiederholt Verwendung gefunden. Gegen Streifenkrankheit der Gerste und gegen Schneeschimmel haben Formaldehydlösungen keine ausreichende Wirkung. Trotz der guten Wirksamkeit des Formaldehyds gegen Weizensteinbrand ist doch von seiner Verwendung zur Steinbrandbekämpfung abzusehen, da der Weizen gegen Formaldehyd sehr empfindlich ist. Die Keimschädigungen beruhen nach Untersuchungen von A. M. Hurd[1]) darauf, daß bei Feuchtigkeitsverhältnissen unter 70 Proz. sich am Saatgut Paraformaldehyd $(HCHO)_3$ niederschlägt, der sich fortwährend zu gasförmigem Formaldehyd HCHO zersetzt und in konzentrierter Form langsam in die Körner eindringt. Die Schädigung, die als deutliche Nachwirkung in Erscheinung tritt, läßt sich durch schnelles Trocknen und sofortiges Aussäen oder durch kurzes Abspülen des frisch gebeizten Getreides (Auswaschen des überflüssigen Formaldehyds) vermeiden. Immerhin wird das

[1]) Hurd, A. M.: Journal of agric. Res., 1921, Vol. 20, S. 209.

Verfahren dadurch erschwert und in der Beizwirkung unsicher, so daß zur Weizensteinbrandbekämpfung die quecksilberhaltigen Beizmittel vorzuziehen sind.

Von den Handelspräparaten sind als formaldehydhaltige Beizmittel zu nennen: Kalimat (Formaldehyd + Phenol), Cuproform (Kupfersulfat + Formaldehyd) und Sublimoform (Sublimat + Formaldehyd).

Die dritte und wichtigste Gruppe der Beizmittel machen die quecksilberhaltigen Beizmittel aus, die das Quecksilber bald in einfachen, anorganischen Verbindungen (als Quecksilberchlorid), bald in organischen Komplexverbindungen (Quecksilbercyanid, Chlorphenolquecksilber usw.) enthalten. Ausgangspunkt der Quecksilber-Beizmittel war das Quecksilbersublimat ($HgCl_2$), das zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes und Schneeschimmels als 0,1proz. Sublimatlösung in 15 Minuten dauerndem Tauchverfahren und zur Bekämpfung der Streifenkrankheit in gleicher Konzentration, aber längerer Tauchzeit angewandt wurde; bald aber zeigte es sich, daß die komplexen Quecksilberverbindungen bei starker germizider Wirkung doch geringere Keimschädigungen zeigten als das Sublimat. Die Quecksilber-Beizmittel stellen heute unsere besten Beizmittel dar, ihre Vorzüge liegen in ihrer vorzüglichen Wirkung auf die Brandsporen, die auch durch Auslaugen mit Wasser nicht oder nur in sehr geringem Maße zu entfernen sind, in der geringen Giftwirkung auf das Saatgut, so daß auch geringe Versehen bei der Durchführung der Beizung nicht sofort zur Schädigung des Getreides führen, und in der Stimulationswirkung vieler Quecksilber-Beizmittel auf das Wachstum der Pflanze. Als Nachteile sind die starke Giftigkeit der Mittel für Mensch und Haustiere und die damit verbundene Schwierigkeit der Verfütterung von gebeiztem, nicht mehr zur Aussaat gekommenen Getreide zu nennen (vgl. S. 128).

Von den im Handel befindlichen Beizmitteln sind als quecksilberhaltige Mittel zu nennen: Agfa-Saatbeize oder Saatbeize G (Quecksilberverbindung), Betanal (Quecksilberverbindung), Germisan (Zyanmerkurikresolnatrium), Roggenfusariol (Quecksilberchlorid), Sublimoform (Quecksilberchlorid + Formaldehyd), Tillantin - Naßbeize oder Uspulun - Universal (Kupfer - Quecksilber - Arsenpräparat), Tillantin C (Quecksilber - Arsenpräparat), Urania-Saatbeize (Quecksilberchlorid + Rhodansalz), Uspulun (Chlorphenolquecksilber) und Weizenfusariol (Quecksilberchlorid + Kupfersulfat).

Außer den Kupfer- und Quecksilberverbindungen und dem Formaldehyd sind noch viele chemische Verbindungen (Säuren, Basen und Salze der Leicht- und Schwermetalle, Phenole, Kresole und Teerpräparate, organische Farbstoffe, aktives Chlor abspaltende Mittel usw.) auf ihre Brauchbarkeit zur Getreidebeizung geprüft worden; sie haben jedoch

die vorzüglichen Eigenschaften der Quecksilberpräparate nicht erreichen können.

Von den oben genannten Beizmitteln haben sich in den Versuchen des Deutschen Pflanzenschutzdienstes folgende Präparate[1]), deren Hersteller eine gleichbleibende Zusammensetzung der Mittel gewährleisten, nach dem Stande vom 1. September 1926 als brauchbar erwiesen:

Lfde. Nr.	Name des Mittels	Hersteller	Wirksam gegen	Anwendungsform
1	Betanal	L. Meyer, Mainz, Ingelheimstr. 3—5	Schneeschimmel	0,75 Proz., 30 Min. tauchen
2	Formaldehyd	Holzverkohlungsindustrie A.-G., Konstanz i. Baden	Haferflugbrand	0,1 Proz., 15 Min. tauchen
3	Germisan	Saccharinfabrik A.-G., Magdeburg-Südost	Weizenstinkbrand	0,125 Proz., 30 Min. tauchen oder 0,25 Proz. benetzen
			Schneeschimmel	0,125 Proz., 30 Min. tauchen oder 0,25 Proz. benetzen
			Haferflugbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Streifenkrankheit der Gerste	0,125 Proz., 30 Min. tauchen
4	Kalimat	L. Meyer, Mainz, Ingelheimstr. 3—5	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Haferflugbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
5	Kalimat B	L. Meyer, Mainz, Ingelheimstr. 3—5	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
6	Roggenfusariol	W. C. Fikentscher, Marktredwitz i. Bay.	Schneeschimmel	0,15 Proz., benetzen
7	Sublimoform	W. C. Fikentscher, Marktredwitz i. Bay.	Weizenstinkbrand	0,35 Proz., 15 Min. tauchen
			Haferflugbrand	0,35 Proz., 15 Min. tauchen

[1]) Veröffentlicht im „Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst", 6. Jahrgang, 1926, Nr. 9.

Lfde. Nr.	Name des Mittels	Hersteller	Wirksam gegen	Anwendungsform
8	Urania-Saatbeize (Hohenheimer Beize)	Holzverkohlungsindustrie A.-G., Konstanz i. Baden. Vertrieb: Pflanzenschutz G.m.b.H., Schweinfurt a. M.	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 60 Min. tauchen
			Schneeschimmel	0,25 Proz., 60 Min. tauchen
			Haferflugbrand	0,25 Proz., 60 Min. tauchen
			Streifenkrankheit der Gerste	0,5 Proz., 120 Min. tauchen
9	Uspulun	I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M. und Leverkusen bei Köln a. Rh.	Weizenstinkbrand	0,5 Proz., 30 Min. tauchen
			Schneeschimmel	0,25 Proz., 30 Min. tauchen od. benetz.
10	Uspulun-Universal (Tillantin-Naßbeize)	I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M. und Leverkusen bei Köln a. Rh.	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Schneeschimmel	0,25 Proz., 60 Min. tauchen oder 0,5 Proz. benetzen
			Streifenkrankheit der Gerste	0,25 Proz., 60 Min. tauchen
11	Weizenfusariol	W. C. Fikentscher, Marktredwitz i. Bay.	Weizenstinkbrand	0,3 Proz., 30 Min. tauchen
12	Naßbeize A. Z. III	Saccharinfabrik A.-G., Magdeburg-Südost	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Streifenkrankheit der Gerste	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Schneeschimmel	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
13	Saatbeize G (Agfa-Saatbeize)	I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M. und Leverkusen bei Köln a. Rh.	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen oder 0,5 Proz. benetzen
			Schneeschimmel	0,25 Proz., 30 Min. tauchen od. benetz.
			Streifenkrankheit der Gerste	0,25 Proz., 60 Min. tauchen
14	Saatbeize G 2 r (Agfa-Saatbeize G 2 r)	I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M. und Leverkusen bei Köln a. Rh.	Weizenstinkbrand	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Schneeschimmel	0,25 Proz., 30 Min. tauchen
			Streifenkrankheit der Gerste	0,25 Proz., 60 Min. tauchen

Während die Getreidebeizung seit Jahrzehnten ausgebaut ist und über feste Richtlinien und Erfahrungen verfügt, ist das Beizverfahren für andere Sämereien noch völliges Neuland. Bisher hat man sich darauf beschränkt, die wirksamen Getreidebeizmittel, oft mit veränderter Behandlungsdauer, zur Beizung anderer Sämereien und von Kartoffelknollen anzuwenden. So sind gegen den einen Erreger des Wurzelrübenbrandes (Phoma betae) verschiedentlich die Quecksilbermittel Uspulun, Germisan, Betanal und Segetan als Tauchbeize benutzt worden. Auch eine $^1/_2$proz. Karbolsäurelösung (20 Stunden Tauchzeit), eine 2proz. Kupferkalkbrühe (24 Stunden Tauchzeit) und eine 0,1proz. Formaldehydlösung haben gelegentlich Verwendung gefunden. Die Beizung ist bei Rübensaatgut niemals so erfolgreich, wie bei Getreidesaatgut, da das Pilzmyzel die einzelnen Teile der Rübenknäuel stark durchwuchert und daher niemals restlos zu vernichten ist. Der Bau der Rübenknäuel läßt selbst eine rohe Behandlung zu; so wurde in den 90iger Jahren auf Anregung Hiltners eine Beizung des Rübensamens mit konzentrierter Schwefelsäure erfolgreich angewandt; die äußeren Teile der Knäuel verkohlten und schützten so die inneren Teile vor Zerstörung durch die Mikroorganismen. Das Verfahren ist aufgegeben worden, da weniger kräftige Samen die Behandlung nicht vertrugen. Auch Maiskörner werden in Amerika zur Abtötung der anhaftenden Sporen von Sklerospora 5 bis 10 Minuten in konzentrierter Schwefelsäure gebeizt und darauf eine Stunde in fließendem Wasser gewaschen; die Keimfähigkeit des Maissaatgutes soll durch die Behandlung nicht leiden.

Die durch Gloeosporium lindemuthianum hervorgerufene Brennfleckenkrankheit der Bohnen ist durch Beizen des Saatgutes mit Uspulun, Keimkrankheiten des Flachses (Gloeosporium lini) durch Beizen mit Germisan, der Sellerieschorf (Phoma apiicola) durch Beizen mit Kupfersulfat wirksam bekämpft worden.

Zur Bekämpfung des Kartoffelschorfes (Aktinomyzes) und der Rhizoctoniafäule beizt man in Amerika die Kartoffelknollen eine halbe Stunde lang in 0,1proz. Sublimatlösung und hat neben guter fungizider Wirkung verschiedentlich noch Ertragssteigerungen beobachtet. Ferner wird das Beizen der Knollen mit 0,1proz. Formaldehydlösung (2 Stunden Tauchzeit) empfohlen. Gegen Anthraknose an Gurken und Erbsen hat sich eine Beizung mit quecksilberhaltigen Mitteln bewährt. Zur Verbesserung der Keimfähigkeit alter Sämereien ist verschiedentlich Uspulun erfolgreich angewandt worden; ob es sich in diesen Fällen um eine auf Stimulierung beruhende Steigerung der Keimfähigkeit oder um eine Bekämpfung der die Keimfähigkeit herabsetzenden Schwäche- und Schimmelpilze handelt, ist unbekannt.

c) Art der Trockenbeizmittel

Der Gedanke der Verwendung von Trockenbeizmitteln wurde schon 1902 von Tubeuf[1]) ausgesprochen; die ersten praktischen Versuche erfolgten jedoch erst 1915 durch Darnell-Smith in Neu-Süd-Wales. In Amerika, wo das Verfahren zum erstenmal 1920 in der großen Praxis angewandt wurde, hat die Trockenbeize so glänzende Erfolge gebracht, daß bereits 1923 drei Millionen dz Saatgut nach dem Trockenbeizverfahren gebeizt wurden. Seit 1921 ist die Trockenbeize in Dänemark, seit 1922 in Ungarn eingeführt; seit 1920 laufen auch in Deutschland die Arbeiten zur Ausarbeitung geeigneter Trockenbeizmittel und seit 1923 werden jährlich vom Deutschen Pflanzenschutzdienst und von anderen Forschungsinstituten Versuche angestellt zur Prüfung des neuen Beizverfahrens und zur Bewertung der zugehörigen Mittel.

Als Trockenbeizmittel kommen feingemahlene, in erster Linie schwer wasserlösliche Mittel mit fungizider Wirksamkeit in Frage, die die Brandsporen töten oder eine Infektion verhindern, ohne die Keimfähigkeit des Getreides zu schwächen. Für die Trockenbeizmittel ist die Haftfähigkeit des Pulvers am Saatkorn von größter Bedeutung; sie hängt ab von der Art und Feinheit des fungiziden Stoffes und der des Streckmittels (Talkum, Kieselgur usw.). Der Feinheitsgrad darf nicht zu groß sein, da sonst Belästigungen der Arbeiter eintreten und vielleicht auch Keimschädigungen zu erwarten sind. Die Belästigung kann durch Hustenreiz und Tränenerregung unter Umständen solche Formen annehmen, daß das Arbeiten mit dem Beizmittel unmöglich ist. Ein zu starkes Stäuben und eine Belästigung der Arbeiter kann durch Zusatz von Öl verhindert werden, ein Hilfsstoff, der auch noch die Haftfähigkeit des Pulvers erhöht. Eine Vorbehandlung des Saatgutes zur Erhöhung der Haftfähigkeit ist nicht erwünscht, um den Beizgang nicht unnötig zu erschweren. Für das als Trockenbeizmittel in Amerika am meisten benutzte Kupferkarbonat wird in Amerika gefordert[2]), daß 99 Proz. der wäßrigen Aufschwemmung durch ein 6400 Maschensieb (auf 1 qcm) hindurchlaufen müssen, und daß das trockene Schüttegewicht[3]) nicht mehr als 500 g auf 1000 ccm betragen darf. Durch die Trockenbeizmittel darf weiter die Drillfähigkeit des Saatgutes nicht leiden; bei einigen deutschen Handelspräparaten wurde das Getreide dahin beeinflußt, daß von dem gebeizten Getreide bedeutend weniger aus der Drillmaschine herauslief als vom ungebeizten Getreide.

Das Einstäuben des Saatgutes mit dem Trockenbeizmittel erfolgt in Deutschland meist in Mischtrommeln oder besonderen Misch-

[1]) v. Tubeuf: Arb. a. d. Biol. Abtlg. d. Reichsges.-Amtes, 1902, Bd. 2, S. 179.
[2]) Vgl. Riehm, E.: Zeitschrift für angew. Chemie, 1925, S. 4.
[3]) Vgl. Seite 254.

säcken. Die Zeitdauer des Mischens hängt von der Haftfähigkeit des Mittels ab; sie beträgt im Durchschnitt drei Minuten für 1 Ztr. Getreide. Mangelhafte Haftfähigkeit kann nach Schaffnit und Volk[1]) dadurch bedingt sein, daß das Beizmittel kein oder nur ein unzureichendes Haftmittel enthält, oder daß die Adhäsion zwischen Haftmittel- und Beizmittelpartikelchen zu groß ist, wodurch das Pulver leicht krümelt und nicht am Korn haftet.

Die Wirkungsweise der Trockenbeizmittel ist, wie schon oben angeführt, so zu erklären, daß das dem Korn anhängende Staubmittel durch die Bodenfeuchtigkeit teilweise in Lösung geht und durch seine fungizide Wirkung die wachsenden Getreidepflänzchen vor Infektion schützt. Die Trockenbeizmittel sind daher zur Verhinderung der Nachinfektion geeignet; sie kommen besonders für Amerika in Frage, wo infolge des trockenen Klimas und des Ausfallens der Brandbutten auf dem Felde und des ständigen Anbaues von Weizen die Möglichkeit der Nachinfektion vom Boden her besonders groß ist. Eine Nachinfektion wird von den Naßbeizen oft nicht verhindert; sie kommt für die deutschen Verhältnisse auch nicht so in Frage, da die Brandbutten bei uns selten auf dem Felde bleiben und außerdem durch Fruchtwechsel eine Nachinfektion vom Boden aus nicht häufig ist.

Die mit der Trockenbeize gemachten Erfahrungen haben gelehrt, daß die Staubbeizmittel den Naßbeizmitteln bisher in der zuverlässigen Wirkung nachstehen. Trotzdem reicht ihre Wirksamkeit für die amerikanischen Großbetriebe, wo in den riesigen Weizenbaugebieten eine Naßbeize gar nicht vollkommen durchgeführt werden kann und wo eine Erniedrigung des Brandbefalles von 60—90 Proz. auf 2—3 Proz. schon sehr günstig und ausreichend ist, vollkommen aus. In Deutschland, wo insbesondere in kleinbäuerlichen Betrieben, aber auch auf größeren Gütern die besser wirkende Naßbeize noch gut durchzuführen ist, bestand anfangs kein so dringendes Verlangen nach einer weniger durchgreifend wirkenden Trockenbeize, insbesondere da von den deutschen Versuchsstellen ein Beizmittel nur dann als brauchbar angesehen wird, wenn bei seiner Anwendung der Brandbefall unter 0,3 Proz. — bei anzuerkennendem Saatgut noch tiefer — bleibt. Man konnte also die erste Entwicklung der Trockenbeizmittel ruhig abwarten. Mit der Ausarbeitung immer besser wirkender Trockenbeizmittel haben sich die Verhältnisse aber auch in Deutschland seit einigen Jahren geändert: Heute genügen eine ganze Reihe der im Handel befindlichen Trockenbeizmittel vollauf den Anforderungen der Praxis; sie haben sich infolge ihrer leichten Handhabung,

[1]) Schaffnit und Volk: Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten, 1926, Bd. 36, S. 43.

des Fortfalls des lästigen Trocknungsprozesses und der Einfachheit und Billigkeit der Trockenbeizapparate sehr eingebürgert und vielerorts die Naßbeizmittel völlig verdrängt. Trockenbeizen sind insbesondere stets dort am Platze, wo beim Saatgut (z. B. Leinsamen) durch starke Quellung ein Verschleimen der Außenschichten eintritt, eine Naßbeize also gar nicht möglich ist.

Von den einfachen chemischen Verbindungen, die auf ihre Brauchbarkeit als Beizmittel untersucht wurden, hat sich bisher nur Kupferkarbonat als gutes Staubbeizmittel bewährt und ist auch in der ausländischen Praxis (Amerika, Ungarn usw.) viel zur Anwendung gekommen. Es werden 100—200 g des trocknen, feingemahlenen Pulvers auf einen Zentner Weizen genommen, eine Menge, die durch gutes Mischen völlig zum Haften gebracht werden kann. Es hat sich sowohl in Amerika als auch bei deutschen Versuchen gezeigt, daß bei geringem und mittelstarkem Befall die Wirkung des Mittels ausreicht, daß die Wirkung jedoch bei starkem Steinbrandbefall bedeutend hinter der Wirkung guter Naßbeizen zurückbleibt. Vereinzelte Fehlschläge — so fand Molz[1]) bei dem mit Kupferkarbonat gebeizten Weizen noch 36,7 Proz. Brand bei einem Brandbefall von 48,7 Proz. bei unbehandeltem Weizen — scheinen darauf hinzudeuten, daß vielleicht Bodenfeuchtigkeit und Bodenreaktion für die Wirkung der Trockenbeizen von Wichtigkeit sind. — Die Hoffnungen, die man auf Kupfersulfat setzte, haben sich nicht erfüllt; das Mittel, das als wasserfreies Kupfersulfat angewandt wurde, um das Zusammenballen der Einzelteilchen zu vermeiden, zeigte eine geringe Wirkung und teilweise eine größere Schädigung der Keimfähigkeit des Getreides. — Außer der Durchprüfung dieser einfachen chemischen Verbindungen haben die chemischen Industrien in den einzelnen Staaten in großem Maßstabe mit der Herstellung fertiger Handelspräparate begonnen, die als wirksame Bestandteile Quecksilber, Arsen oder Kupfer enthalten. Die Trockenbeizfrage ist für Deutschland nicht so weit geklärt, daß der Deutsche Pflanzenschutzdienst ein endgültiges Urteil über die bisher geprüften Trockenbeizmittel hat abgeben können. Immerhin haben in den Reichsversuchen des Deutschen Pflanzenschutzdienstes bis zum Herbst 1926 folgende Trockenbeizmittel gut gewirkt:

Abavit B von der Chemischen Fabrik Ludwig Meyer, Mainz, Ingelheimstr. 5, gegen Weizenstinkbrand und Schneeschimmel (Fusarium). Auf einen Zentner 150 g.

---

[1]) Molz: Landw. Wochenschrift f. d. Prov. Sachsen, 1921, Heft 32, S. 460.

Agfa-Trockenbeize (Tr. 334) von der J. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M., gegen Schneeschimmel (Fusarium). Auf einen Zentner Roggen 175 g.

Porzol H von der „Chinoin"-Fabrik chemisch-technischer Produkte, Ujpest bei Budapest, gegen Weizenstinkbrand. Auf einen Zentner Weizen 150 g.

Segetan-Trockenbeize von der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung m. b. H., Frankfurt a. M., Steinweg 9, gegen Weizenstinkbrand. Auf einen Zentner Weizen 150 g. (Durch zu starke Stäubung Belästigung der Arbeiter; Beeinflussung der Drillfähigkeit des Saatgutes).

Trockenbeize Tiliantin = Trockenbeize „Höchst" von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M., gegen Weizenstinkbrand. Auf einen Zentner Weizen 150 g.

Trockenbeize 998 von der Saccharinfabrik A.-G., Magdeburg-Südost, gegen Schneeschimmel. Auf einen Zentner Roggen 150 g.

Trockenbeize 998 von der Saccharinfabrik A.-G., Magdeburg-Südost, gegen Streifenkrankheit der Gerste. Auf einen Zentner Gerste 150 g. (Beeinflussung der Drillfähigkeit des Saatgutes.)

Tutan von der Saccharinfabrik A.-G., Magdeburg-Südost, gegen Weizenstinkbrand und Schneeschimmel (Fusarium). Auf einen Zentner Weizen 100 g, einen Zentner Roggen 150 g. (Nachteile wie bei Segetan-Trockenbeize.)

Trockenbeize Tillantin R = Uspulun-Trockenbeize von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. M. und Leverkusen bei Köln a. Rh. gegen Schneeschimmel (Fusarium). Auf einen Zentner Roggen 150 g.

Eine besondere Bedeutung scheint den Trockenbeizmitteln nach amerikanischen und deutschen Versuchen[1]) noch insofern zuzukommen, daß sie das eingestäubte Getreide vor Kornkäferfraß durch Abtötung der Schädlinge schützen.

d) Beizapparate

Zur Durchführung der Beize werden die verschiedensten Apparate und Maschinen benutzt. Zur Tauchbeize kommen in einfachster Ausführung der Beize Bottiche in Betracht, welche mit Beizflüssigkeit gefüllt werden und in welche man in langsamem Strom das Getreide unter Umrühren einrieseln läßt. Die oben schwimmenden Brandbutten werden mit Schöpflöffeln entfernt. Nach Ablauf der vorgeschriebenen Tauchdauer wird das Getreide herausgeschöpft und zum Trocknen ausgebreitet, und der Beizbottich wird nach Ergänzung der Beizflüssigkeit aus einem Reservebottich wieder neu mit Getreide beschickt (Kettenbeize). Da das Herausschöpfen des fertiggebeizten Getreides sehr lästig ist, werden in die Beizbottiche zweckmäßig Körbe eingesetzt (Abb. 42), mit denen man das gebeizte Getreide leicht und schnell herausheben kann. Das einfache

[1]) Zacher, F.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1926, S. 97.

Bottichverfahren hat bei Verwendung von Bottichen mit 150—200 Liter Inhalt nach Gassner[1]) eine Stundenleistung von 4 Ztr. Weizen.

Abb. 42. Getreidebeizung im Tauchverfahren. (Nach B. R. A.)

Abb. 43. Beizgerät „Halle".

Nach diesem einfachen Hausgerät werden nun einige Beizapparate fabrikmäßig hergestellt. Am einfachsten ist das Beizgerät der Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten in Halle a. d. S. (Vertrieb: H. Güldenpfennig G. m. b. H., Staßfurt), das aus zwei mit eingesetzten Bodensieben und Ablaßhähnen versehenen Fässern besteht (Abb. 43). Die beiden Fässer werden so zueinander aufgestellt, daß

[1]) Gaßner, G.: in „Die Technik der Landwirtschaft", 1925, S. 538.

das höherstehende Faß als Beizbottich dient und nach Ablauf der vorgeschriebenen Tauchzeit durch Öffnen seines Hahnes die Beizflüssigkeit in das untere Faß einläßt. Nach Entfernen des Getreides werden die beiden Fässer ausgewechselt, d. h. das mit Beizflüssigkeit gefüllte Faß wird zur Wiederholung des Beizganges hochgestellt. Das Beizgerät kommt wegen seiner kleinen Ausmaße und seiner Billigkeit besonders für kleinbäuerliche Betriebe in Frage; es hat nach E. Riehm[1]) bei $^1/_2$stündiger Tauchzeit und zwei Mann Bedienung eine Stundenleistung von etwa 2,5 Zentnern.

Der Beizapparat „Perfekt" (Maschinenfabrik Richard Kayser, Stettin) ahmt das einfache Bottichverfahren mit Körben nach, indem bei ihm in eine große Eisenwanne zwei Einsatzkörbe aus durchlochtem Eisenblech eingestellt werden können. Das Getreide wird mit Hilfe eines aufsetzbaren, besonderen Trichters „fächerförmig" in die Einsatzkörbe geschüttet und kann nach Abschöpfen der Brandbutten am Ende der Tauchzeit in diesen Einsatzkörben aus der Beizlösung herausgehoben werden. Nach E. Riehm (s. o.) beträgt die Stundenleistung des Apparates etwa 2,5 Zentner.

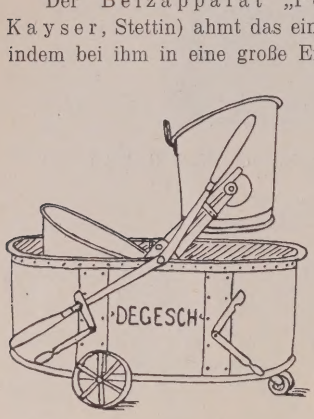


Abb. 44. Beizapparat Degesch.

Der Beizapparat „Degesch" (Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung, Frankfurt a. M. [Abb. 44]), ist nach demselben Prinzip gebaut, wie der Perfekt; er ist jedoch in der Handhabung wesentlich leichter, da einmal die 500 Liter fassende Eisenwanne durch Räder leicht beweglich ist, dann aber die Einsatzkörbe durch Hebelarme leichter aus der Beizflüssigkeit herausgehoben und das Getreide durch Kippen des jeweils hochstehenden Einsatzkorbes ausgeleert werden kann. Die beiden Einsatzkörbe halten sich gegenseitig das Gleichgewicht, tauchen also abwechselnd in die Beizflüssigkeit ein, gestatten daher die Entleerung und Neubeschickung des hochstehenden Korbes, während der andere Korb in die Beizflüssigkeit taucht. Eine Entfernung der Brandbutten ist durch wiederholtes schnelles Eintauchen der Körbe (Aufwirbeln des Getreides) und Abschöpfen möglich. Der Apparat hat nach E. Riehm (s. o.) eine Stundenleistung von 6—7 Ztr.; er genügt daher für die Mehrzahl der landwirtschaftlichen Betriebe.

[1]) Riehm, E.: Beizgeräte, Flugblatt 82 der Biologischen Reichsanstalt.

Der Wachtelsche Beizapparat (Maschinenfabrik Wachtel, Breslau 23) ist als ein in einem Gestell hängender Kippbottich konstruiert (Abb. 45), der von einem höherstehenden Reservebehälter mit Beizlösung und durch einen aufgesetzten Schieberkasten mit dem Getreide beschickt wird. Durch Drehen einer Kurbel wird ein Rührwerk im Bottich in Bewegung gesetzt, das für die Aufwirbelung des Getreides und das Hochsteigen der Brandbutten sorgt, die durch einen Überlauf entfernt werden. Durch Kippen kann der Beizbottich in untergestellte Fässer oder

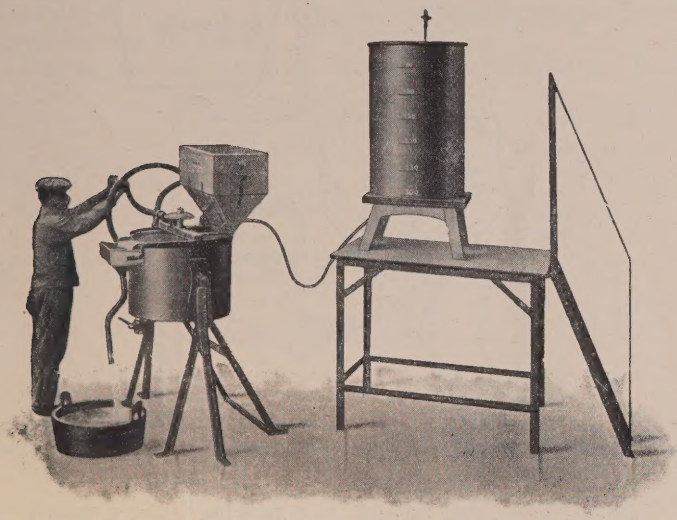


Abb. 45. Wachtelscher Kippbottich.

einen besonders gelieferten Karren mit Einsatzkorb entleert werden. Nach E. Riehm (s. o.) beträgt die Stundenleistung des Apparates 4 Ztr.

Der Beizapparat „Jäger-Dix" (Maschinenfabrik Jäger, Halle a. d. S. (Abb. 46) ist eine für größere Wirtschaften und Saatzüchtereien und für gemeindeweises Beizen sehr geeignete Beizvorrichtung. Der Apparat kommt in zwei Größen zur Ausführung, von denen die größere Anlage mit jeder Füllung 60 Ztr. Getreide, die kleinere mit jedem Beizgang 15—20 Ztr. behandelt. Beide Apparate müssen fest eingebaut werden; der größere Apparat wird zweckmäßig noch mit einer besonderen Trocknungsanlage verbunden. Der das Getreide und die Beiz-

lösung aufnehmende Beizbehälter ist von einem Steigerohr durchsetzt, durch das mit Hilfe eines Luftkompressors das Getreide gründlich gewaschen und von Brandbutten, Unkrautsamen und sonstigen Verunreinigungen befreit werden kann, die durch eine Überlaufvorrichtung selbsttätig entfernt werden. Nach Ablauf der Tauchzeit kann die Beizflüssigkeit durch ein von einem Elektromotor betriebenes Pumpwerk in einen Vorratsbehälter gebracht und später nach Entfernung des fertiggebeizten

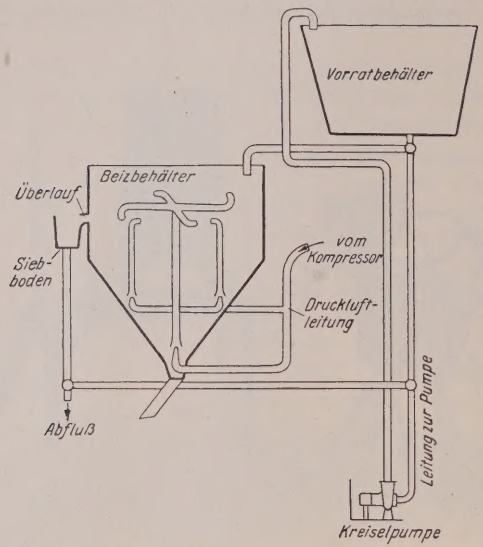


Abb. 46. Schema einer Beizanlage nach Jäger-Dix. (Nach E. Riehm.)

Getreides (durch Öffnen eines Schiebers im Boden des Beizbehälters) in den Beizbehälter zurückgebracht werden. Durch Anschluß an die Warmwasserleitung oder durch Selbsterzeugung des warmen Wassers in besonderer Anlage kann mit dem Apparat auch die Heißwasserbehandlung (vgl. S. 103) und die kombinierte Tauchbeize-Heizwasserbehandlung (vgl. S. 305) durchgeführt werden, wobei durch einfache Hebelstellung eines Dreiwegehahnes nach Bedarf Beizlösung oder heißes oder kaltes Wasser dem Beizbottich durch das Pumpwerk zugeführt werden kann. Nach E. Riehm (s. o.) beträgt die Arbeitsleistung des größeren Apparates in 10stündigem Arbeitstag 230 Zentner.

Die Benetzungsbeize wird in kleinbäuerlichen Betrieben in einfachster Weise durch Überbrausen und Mischen des Saatgutes mit der

Beizlösung durchgeführt, ein Verfahren, das nur eine Gießkanne und eine Schaufel benötigt. Daß aber auch das Benetzungsverfahren in größtem Ausmaße mit Hilfe großer Apparate durchgeführt werden kann, zeigt die Beizeinrichtung der Saatzuchtwirtschaft F. R. Strube in Schlanstedt. Das durch Saatreinigungsmaschinen von Brandbutten befreite und gut gereinigte Saatgut wird dort in 8 Meter langen Beizschnecken automatisch mit bestimmten, zur Benetzung gerade ausreichenden Mengen der Beizlösung durchmischt und sofort den Trocknungsanlagen zugeführt, die es nach einer Stunde gebeizt und getrocknet wieder verläßt. Nach Gassner (s. o.) werden in diesem Tag und Nacht arbeitenden Betriebe täglich fast 3000 Ztr. gebeizt.

Für kleinere und mittelgroße Betriebe eignen sich die zur Durch-

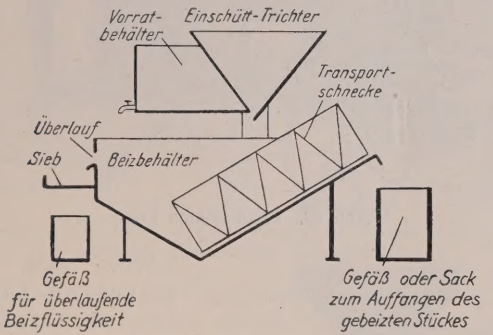


Abb. 47. Schema einer kontinuierlich arbeitenden Naßbeizmaschine. (Nach E. Riehm.)

führung der kombinierten Tauch-Benetzungsbeize (vgl. S. 305) geeigneten kontinuierlich arbeitenden Beizapparate, welche die Vorzüge der Tauchbeize (gründliche Anfeuchtung des Getreides und Entfernung der Brandbutten) mit den Vorzügen der Benetzungsbeize (keine zu starke Wasseraufnahme) vereinigen. Die Apparate (vgl. Abb. 47) sind im Prinzip alle einander ähnlich, indem bei ihnen das Getreide langsam durch den Einschütt-Trichter in die Beizlösung fällt, die oben schwimmenden Brandbutten durch Überlauf oder auch durch Schlagwalzen entfernt werden und das Getreide nach kurzem Verweilen in der Flüssigkeit durch ständig laufende Hebevorrichtungen (meist Transportschnecken) aus der Beizlösung entfernt und aus dem Apparat in bereitgehaltene Säcke oder Körbe entleert wird, wo es zur Nachbeize noch eine Stunde bedeckt verbleibt, bevor es zum Trocknen ausgebreitet wird. Als Beispiele solcher Beizmaschinen sind zu nennen:

Fellersche Beizmaschine (Joh. Jörs, Görlitz [Abb. 48]), die aus Holz gebaut ist, und bei welcher das Getreide durch Schnecke

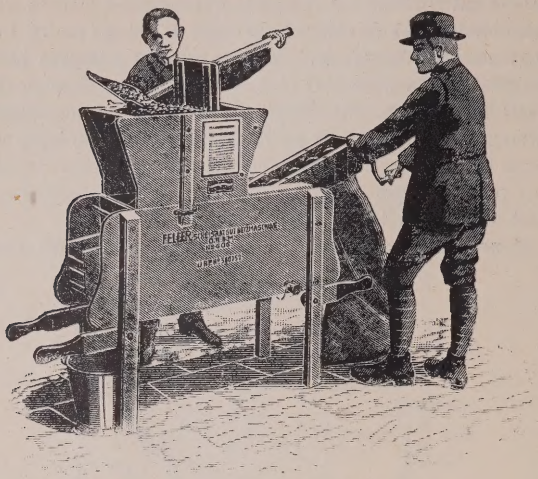


Abb. 48. Beizmaschine Feller.

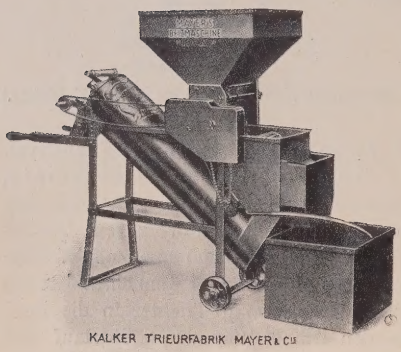


Abb. 49. Beizmaschine Ideal.

gehoben wird; Naßbeizmaschine „Ideal" (Kalker Trieurfabrik Mayer & Cie., Köln-Kalk; [Abb. 49]), die aus Metall besteht und bei welcher die Brandbutten durch Schlagwalze und besondere Schnecke entfernt werden und das Getreide durch Schnecke gehoben wird; Hohenheimer Beizmaschine (Maschinenbau Herrenberg, Herrenberg i. Württ. [Abb. 50]), die ebenfalls aus Metall besteht und bei welcher das Getreide durch kontinuierlich laufende Bürsten aus dem Beizbottich herausgehoben wird. Die Apparate haben nach E. Riehm (s. o.) eine Stundenleistung von 7—8 Ztr.

Die Trockenbeizapparate zeigen nicht die Mannigfaltigkeit

wie die Naßbeizapparate. Da die Trockenbeizmittel sehr stark stäuben und infolge ihrer giftigen Bestandteile den die Beizung ausführenden Arbeiter leicht belästigen und schädigen können, bestehen die Trockenbeizapparate meist aus Mischtrommeln (vgl. Abb. 51), die mit Getreide

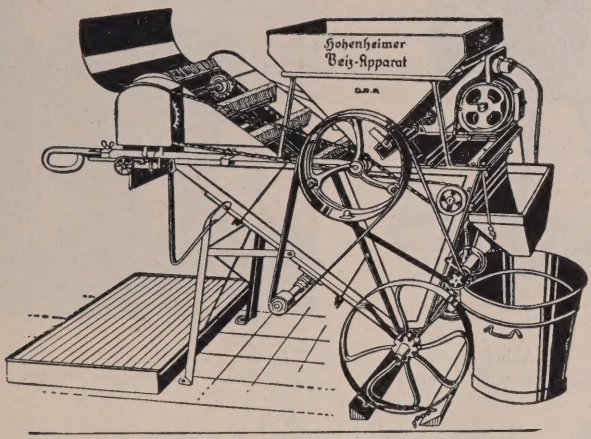


Abb. 50. Hohenheimer Beizapparat.

und Beizmittel beschickt, durch gutschließende Deckel völlig staubdicht verschlossen, durch Kurbeln drei Minuten lang in langsame Umdrehung versetzt werden und dabei durch eingebaute Querwände für eine vollkommene Mischung der Staubbeize mit dem Saatgut sorgen. Bei den kon-

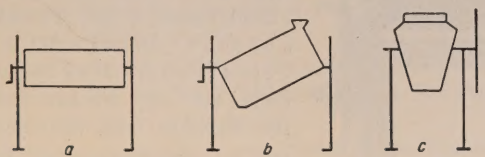


Abb. 51. Schemata von Trockenbeizapparaten. (Nach E. Riehm.)

tinuierlich arbeitenden Trockenbeizmaschinen wird das Getreide mit dem Staubmittel automatisch gemischt und meist mittels Transportschnecken herausbefördert. Von den im Handel befindlichen Apparaten sind zu nennen:

Trockenbeizapparat „Ideal" Nr. 1 (Kalker Trieurfabrik Mayer & Cie., Köln-Kalk [Abb. 52]), drehbare Mischtrommel,

Stundenleistung bei 1 Ztr. Füllung nach Angabe der Firma 6 Ztr.; Trockenbeizapparat „Primus“ (Maschinenfabrik Gustav

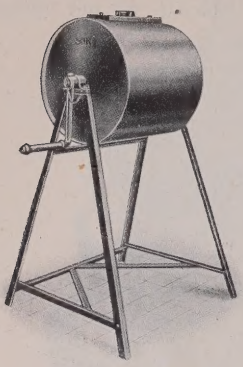


Abb. 52.
Trockenbeizmaschine Ideal Nr. 1.

Abb. 53.
Trockenbeizmaschine Primus.

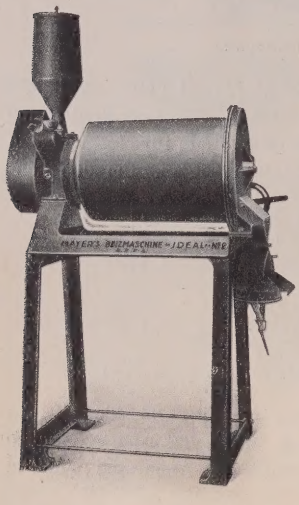


Abb. 54.
Trockenbeizmaschine Ideal Nr. 2.

Drescher, Halle a. d. S. [Abb. 53]), drehbare Mischtrommel. Der Apparat wird in zwei Größen (A und B) geliefert und kann für Handbetrieb und elektrischen Betrieb eingerichtet werden. Stundenleistung der Größe A (1 Ztr. Füllung) etwa 10 Ztr., der Größe B ($^1/_2$ Ztr. Füllung) etwa 5 Ztr.; Trockenbeizapparat „Ideal“ Nr. 2 (Kalker Trieurfabrik Mayer & Cie., Köln-Kalk [Abb. 54]), drehbare Mischtrommel. Die Maschine wird elektrisch betrieben und ist für maschinellen Dauerbetrieb eingerichtet, indem durch eine besondere Zuführungseinrichtung eine bestimmte, durch die Tourenzahl der Maschine gegebene, an einer Skala abzulesende Menge des Staubbeizmittels dem Getreide vor Eintritt in die Mischtrommel zugeführt wird. Je nach Bedarf kann die Menge des zugeführten Beizmittels durch

Einstellung geändert werden. Aus der Mischtrommel wird das Getreide nach gründlicher Mischung selbsttätig entleert. Die Stundenleistung beträgt nach Angabe der Firma 25 Ztr.; Trockenbeizapparat „Lothrä“ (Fritz Thränhardt, Leipzig), eine übereck stehende, in der Diagonalachse drehbare Mischtrommel (Abb. 51b), die nach Riehm (s. o.) bei einer Füllung von 1 Ztr. eine Stundenleistung von etwa 8 Ztr. hat; Trockenbeizapparat „Puck“ (Paul Lübke, Breslau 13), eine kesselartige, mittels Hebel drehbare Mischtonne (Abb. 51c), die nach E. Riehm (s. o.) bei einer Füllung von 1 Ztr. eine Stundenleistung von etwa 6 Ztr. hat.

Trockenbeizmaschine der Maschinenfabrik Neuhaus in Eberswalde, ein aus Holz gebauter, kontinuierlich arbeitender Beizappa-

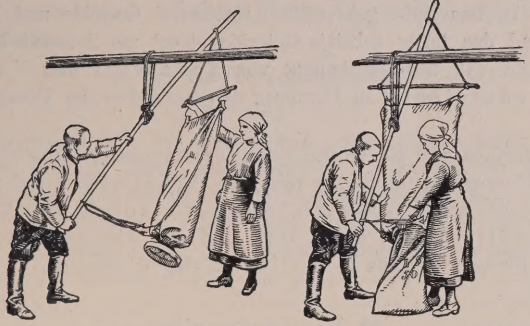


Abb. 55. Trockenbeizsack „Halle“.

rat, in welchem Trockenbeizmittel und Getreide gemischt und mittels Schnecke herausgefördert werden.

Trockenbeizmaschine Saxonia (W. Siedersleben & Co., Bernburg), ein aus Metall gebauter, ähnlich der vorigen Maschine kontinuierlich arbeitender Beizapparat.

Als einfacher, brauchbarer und besonders für kleinere Betriebe in Betracht kommender Trockenbeizapparat hat sich der Beizsack Halle (Vertrieb H. Güldenpfennig G. m. b. H., Staßfurt) bewährt, ein aus staubdichtem Stoff hergestellter Sack, in welchen Getreide und Beizmittel in vorgeschriebener Menge eingefüllt werden, und der, wie Abb. 55 zeigt, an einer lose befestigten Querstange so geschaukelt wird, daß das Getreide durch Hin- und Herfallen im Sack gut mit dem Beizmittel gemischt wird. Der Beizsack hat nach E. Riehm (s. o.) eine Stundenleistung von 5 Ztr.

In der amerikanischen Praxis[1]) haben sich außer trommelförmigen und kontinuierlich arbeitenden Beizapparaten auch große Beizanlagen bewährt, bei welchen in stehenden, schachtartigen Zylindern mit eingebauten, abwechselnd angeordneten und schräg abfallenden Flächen das von oben in den Schacht eingefüllte Saatgut und das durch Seitenzuführung mittels Ventilator zugeführte Beizpulver durch eigene Schwerkraft von Fläche zu Fläche allmählich herunterfallen und sich dadurch gut mischen; das überflüssige Beizpulver fällt durch ein feines Maschensieb wieder in besondere Behälter zurück, während das gebeizte Getreide durch eine Seitenöffnung am unteren Ende des Schachtes ausfällt.

Das Ideal für die Durchführung der Trockenbeize ist die Benutzung einer Beiz-Drillmaschine, die während der Aussaat auf dem Felde in einer Mischtrommel etwa unter Benutzung der durch die Laufräder der Drillmaschine geleisteten Arbeitskraft Getreide und Beizmittel mischt und das fertig gebeizte Getreide sofort zur Aussaat bringt. In Deutschland will nach Mitteilung von Schaffnit und Volk[2]) die Firma Siedersleben in Bernburg den Gedanken der Praxis nutzbar machen.

Zum Schutze des die Trockenbeize durchführenden Arbeiters und bei den die Atmungsorgane stärker reizenden Mitteln auch bei der Aussaat haben sich der Atemschützer „Lix" der Chemischen Werke vorm. Auergesellschaft, Berlin O 17, und der Atemschützer „Lungenheil" der Firma Cloetta & Müller, Stuttgart, bewährt.

10. Vergasungsmittel

a) Allgemeines über Vergasungsmittel

Als Vergasungsmittel lassen sich diejenigen chemischen Bekämpfungsmittel zusammenfassen, die in gasförmigem Zustand angewandt werden. In den allerseltensten Fällen hat man diese Mittel schon als Gase zur Verfügung, meist werden sie aus festen oder flüssigen Stoffen durch Hitze oder chemische Umsetzungen als Gase entwickelt oder aber es handelt sich um feste oder flüssige Mittel, die bei normaler Temperatur an der Luft leicht in den gasförmigen Zustand übergehen. Ihre Anwendungsweise hängt von der Beschaffenheit der Mittel ab; sie kann durch Verspritzen, Verstäuben, Verstreuen oder Auslegen der Mittel oder durch Entwicklung der Gase in einfachen Gefäßen, in besonderen Gasentwick-

[1]) Hoffman, A. H. und Belton, H. L.: Univ. of. Calif. Coll. of Agric. Bull. 391, Berkeley, 1925.

[2]) Schaffnit und Volk: Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten, 1926, Bd. 36, S. 43.

lungsapparaten oder in sog. „Räucherapparaten" erfolgen. Ihrer Wirkungsweise entsprechend kommen die Vergasungsmittel nur dort zur Anwendung, wo das Gas in der zur Abtötung der Schädlinge notwendigen Konzentration eine bestimmte Zeitlang gehalten werden kann (Wohn- und Arbeitsräume, Fabrikräume, Mühlen und Vorratsspeicher, Schiffe, Gaszellen, Gewächshäuser, transportable Zelte, Bohrlöcher, Gänge im Erdboden). Weiter hat sich in vielen Fällen die Anwendung der Vergasungsmittel im Erdboden (z. B. Schwefelkohlenstoff gegen Reblaus) ermöglichen lassen, während die Verwendung im Freien zur Bekämpfung freilebender Tiere ohne Benutzung von Zelten oft versucht wurde, in den seltensten Fällen jedoch zu brauchbaren Ergebnissen führte. Die Wirkungsweise der Vergasungsmittel als „Gase" weist ihnen ihre Hauptbedeutung als Atemgifte zur Bekämpfung tierischer Schädlinge zu; nur vereinzelt (Formaldehyd, Schwefel) haben Vergasungsmittel als Fungizide Bedeutung.

b) Art der Vergasungsmittel

Schwefeldioxyd

Schwefeldioxyd SO_2, das Anhydrid der sehr unbeständigen schwefligen Säure, entsteht durch Verbrennen des Schwefels an der Luft. Seiner ständigen Anwendung in der Kellerwirtschaft und in Haushaltungen (Ausschwefeln von Fässern und Einmachgläsern) hat es seine frühzeitige Einführung in die Schädlingsbekämpfung zu verdanken, wo es trotz vieler Mängel heute noch mannigfache Verwendung findet.

Zur Schädlingsbekämpfung im Pflanzenschutz wird Schwefeldioxyd in größerem Umfange gegen unterirdisch lebende Tiere verwandt. Zur Bekämpfung von Feld- und Wühlmäusen und von Hamster und Kaninchen werden in besonderen Vergasungsapparaten, oft unter Benutzung eines Blasebalgs, Schwefelmischungen oder schwefelhaltige Patronen durch glühende Kohlen oder sonstige brennbare Zusätze verbrannt. Das entstehende Schwefeldioxyd wird entweder durch Aufsetzen des konischen Mundstücks des Vergasungsapparates auf die Ausführungsgänge der unterirdischen Baue direkt oder durch besondere Schlauchleitungen mit Hilfe eines Blasebalges in die Gänge eingeführt. Ein Einbringen der brennenden Patronen oder brennender Schwefelfäden in die Gänge selbst ist einfacher, doch wegen der fehlenden Kontrolle weniger zuverlässig.

Die Schwefelmischungen können aus brennbaren und leicht Rauch erzeugenden Stoffen, wie Laub, Häcksel, Holzkohle und Schwefelblüte oder nach Angaben von H. Sachtleben[1]) aus 2 Teilen trockener

[1]) Sachtleben, H.: Flugblatt Nr. 13 der Biologischen Reichsanstalt.

Sägespäne, einem Teil erbsengroßer Stücke Braunkohle und einem Teil zerkleinerten Stangenschwefels selbst hergestellt werden. Zur Verbrennung dieser Selbstmischungen haben sich besondere Schwefelräucherapparate (Abb. 56), wie der Apparat der Firma Max Gühne in Döbeln i. Sa., als brauchbar erwiesen. Für die Nagetierbekämpfung sind ferner von der Industrie Räucherapparate verschiedener Bauart mit besonderen, in der Zusammensetzung meist unbekannten Patronen in den

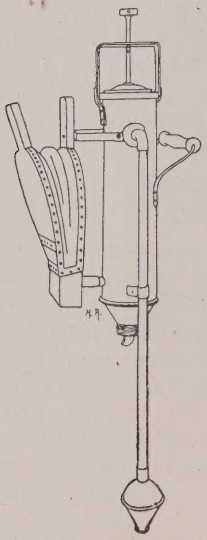


Abb. 56. Schwefelräucherapparat. (Nach H. Sachtleben.)

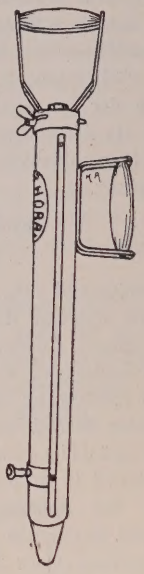


Abb. 57. Hora-Räucherapparat. (Nach H. Sachtleben.)

Handel gebracht, von denen der Hora-Räucherapparat (Abb. 57) und die zugehörigen Horapatronen der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung in Frankfurt am Main sich bewährt haben. Der durch solide Bauart ausgezeichnete, handliche Horaapparat besteht aus einem Verbrennungszylinder mit konischer Spitze, zwei Handgriffen und einer an den Verbrennungszylinder anlegbaren Stütze. Die mit Paraffin überzogenen und am oberen Ende mit einem Zündkörper versehenen Patronen werden in einem Führungsgestell in den Verbrennungszylinder eingesenkt, und der Zylinder wird dann durch eine

dichtschließende Kappe verschlossen. Die Brenndauer der Patronen, die ein Schwefelwasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd enthaltendes Gasgemisch entwickeln, beträgt ungefähr 20 Minuten. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und zur Ermöglichung einer erfolgreichen Wühlmausbekämpfung kann an den Horaapparat eine Luftpumpe angeschlossen werden, durch die das Gas in die Baue eingetrieben wird. Der Anschluß eines Blasebalges oder einer Luftpumpe an Räucherapparate hat zweckmäßig, wie beim Horaapparat, erst hinter der Glühzone zu erfolgen, da beim Überleiten der Luft über die brennende Patrone die Gase durch Zuführung von Sauerstoff leicht entgiftet (z. B. Umwandlung des sehr gif-

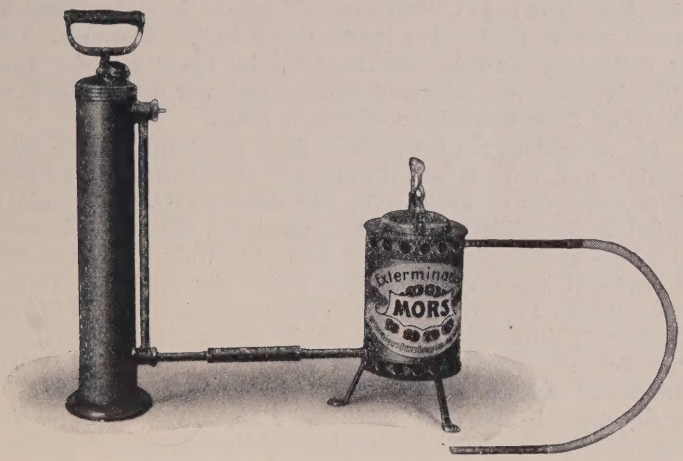


Abb. 58. Ameisentöter (Platz).

tigen Kohlenoxydes in das harmlosere Kohlendioxyd) oder zu explosiblen Gasgemischen umgewandelt werden können.

Nach Abbrennen der Patronen müssen sämtliche Ausführungslöcher des vergasten Baues zugetreten oder durch Hacke zugeschlagen werden. Die Bekämpfung der Nagetiere mit Schwefeldioxyd erfolgt am zweckmäßigsten im Winter oder Frühjahr; sie ist mehr zur Behandlung schwach befallener Äcker, weniger zur Bekämpfung großer Mäuseplagen geeignet.

In den Tropen haben sich zur Termitenbekämpfung besondere, als „Ameisentöter", „Ant killer" oder „Ant exterminator" bezeichnete Räucherapparate[1]) bewährt, kleine Öfen, in denen auf Koks oder Holzkohle

[1]) Hersteller Carl Platz, Ludwigshafen a. Rh.

Schwefel unter Beigabe von Arsen verdampft wird; durch eine Luftpumpe werden die Gase in die Termitenbauten eingetrieben (Abb. 58).

Eine Verwendung des Schwefeldioxyds gegen Schädlinge an lebenden Pflanzen ist wegen der großen Empfindlichkeit der Pflanzen im allgemeinen nicht möglich; eine Gewächshausdurchgasung mit Schwefeldioxyd kommt also nicht in Frage. Nur zur Winterbekämpfung hat in Frankreich Schwefeldioxyd zur Vernichtung der an den Rebstöcken überwinternden tierischen Schädlinge (Tortrix, Schildläuse, Spinnmilben) Verwendung gefunden, indem die einzelnen Rebstöcke von Zinkblechhauben oder leeren Tonnen überdeckt werden, unter denen Schwefel verbrannt wird. Nach Bourcart (1913) kann ein Arbeiter bei gleichzeitiger Benutzung von 20 Blechhauben täglich 1000 Rebstöcke behandeln. Trotz der Gefährdung der Reben, die besonders bei feuchtem Boden durch starke Adsorption des Schwefeldioxydes eintrat, war das Verfahren vor dem Kriege in Südfrankreich noch weit verbreitet.

Die Verwendung von Schwefeldioxyd zur Bekämpfung von Wirtschafts- und Vorratsschädlingen wird gleichfalls durch schädliche Eigenschaften des Schwefeldioxyds sehr eingeschränkt. Schwefeldioxyd zerstört die Backfähigkeit des Mehles, vermindert Güte und Geschmack bei Lebens- und Genußmitteln, greift Baumwolle, Wolle, Leinen und Seide an, verändert insbesondere leicht die Farben der Stoffe und oxydiert blanke Metalle. Die Vergasung der Mühlen und Speicher, die in früheren Zeiten durch Verbrennen von Schwefel in offenen Pfannen oder besonderen Schwefellampen durchgeführt wurde, hat daher der Blausäuredurchgasung weichen müssen. Immerhin hat das Schwefeldioxyd vor der Blausäure und dem Schwefelkohlenstoff die Vorteile, daß es für Menschen und Haustiere infolge seiner starken Reizwirkung nicht gefährlich ist und daß es nicht brennbar und nicht explosiv ist. Schwefeldioxyddurchgasungen kommen daher heute noch zur Ungezieferbekämpfung (Wanzen, Flöhe) in bewohnten Häusern, Kasernen und Baracken in Frage. Zur Vermeidung der Schädigungen werden vor der Durchgasung Lebensmittel, wertvolle und empfindliche Kleider und blanke Metallgegenstände entfernt und Metallbeschläge an Türen, Fenstern und Möbeln durch Vaselineüberzug geschützt. Die Vergasung kann nach Abdichten der Räume (Verkleben der Fenster, Ofenlöcher, Türen mit Streifen aus Zeitungspapier) durch Abbrennen von Schwefel-Räucherkerzen oder besonderer Schwefelpräparate[1]) auf Eisenblechen mit fugenlos aufgebogenen Rändern (Kohlenkasten) leicht ausgeführt werden. Auch zur Be-

[1]) Z. B.: Diametan der I. G. Farbenindustrie A.-G., Abteilung Schädlingsbekämpfung, Berlin SO 36.

kämpfung von Fliegen in Ställen und der in Kellern oft in großen Scharen überwinternden Stechmücken hat sich das Verbrennen von Schwefel (4—8 g auf 1 cbm Luftraum) bewährt.

Im Anschluß an Schwefeldioxyd sei noch angeführt, daß zur Spinnmilbenbekämpfung in Gewächshäusern reiner Schwefel, mit Kalk, Lehm und Wasser zu einem Brei gemischt, auf die Heizröhren des Gewächshauses aufgestrichen wird. Ob die Wirkung des Schwefels durch Bildung von Schwefeldioxyd oder durch einfaches Verdampfen des Schwefels ermöglich wird, ist unbekannt (vgl. S. 275).

Schwefelkohlenstoffhaltige Mittel und Tetrachlorkohlenstoff

Schwefelkohlenstoff CS_2 ist in reinem Zustand eine farblose, stark lichtbrechende, leicht flüchtige Flüssigkeit von nicht unangenehmem Geruch. Das Handelspräparat ist von gelblicher Farbe und hat infolge Verunreinigungen durch Spuren anderer Verbindungen einen unangenehmen Geruch. Die Flüssigkeit ist brennbar, sie verdampft schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr schnell, ihre Gase sind 2,63mal schwerer als Luft und mit 3 Teilen Luft gemischt stark explosiv. Beim Versand, beim Aufbewahren und bei der Anwendung des Schwefelkohlenstoffes ist daher größte Vorsicht zu üben. Wegen seiner Feuergefährlichkeit ist der Schwefelkohlenstoff häufig durch den nicht entzündlichen, aber kostspieligeren Tetrachlorkohlenstoff CCl_4 ersetzt worden, der jedoch wegen seiner geringen Giftwirkung in doppelt so großer Menge, wie der Schwefelkohlenstoff, angewandt werden muß.

Die erste Verwendung zur Schädlingsbekämpfung fand der Schwefelkohlenstoff nachweislich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Bekämpfung von Saatgut- und Speicherschädlingen; später ist er weiterhin sowohl zur Vernichtung von Hausungeziefer, als auch zur Entseuchung von Pflanzensendungen aller Art (Baumschulgewächsen, Setzreben usw.) in ausgedehntem Maße benutzt werden. Seine Hauptbedeutung findet der Schwefelkohlenstoff jedoch als Mittel zur Bekämpfung tierischer Bodenschädlinge. Im Jahre 1869 wurde er zum erstenmal von Thénard gegen die Reblaus angewandt und wurde bald das wichtigste Reblausbekämpfungsmittel, so daß 1895 in Frankreich 60 000 ha Rebfläche mit Schwefelkohlenstoff behandelt wurden. Auch gegen andere Bodenschädlinge (Nagetiere, Insekten, Nematoden) hat er wertvolle Dienste geleistet.

Zur Bekämpfung größerer Bodenschädlinge, wie Kaninchen und Hamster, werden Lappen, Holzwolle, Torf oder Heu mit Schwefelkohlenstoff getränkt und in die bewohnten Baue gebracht; die

Ausführungsgänge der Baue werden dann verschlossen. Gegen Feldmäuse und Wühlmäuse, bei denen die Schwefelkohlenstoffbehandlung bei vereinzeltem Auftreten wirtschaftlich, bei Plagen jedoch zu teuer ist, wird der Schwefelkohlenstoff in einer Menge von 5—8 ccm je Mauseloch in die Ausführungsgänge hineingegossen und das Loch dann zugetreten. Zur sparsamen Verwendung des Schwefelkohlenstoffs hat sich die von P. Altmann, Berlin NW 6, zu beziehende Schwefelkohlenstoffkanne (Abb. 59) bewährt, die durch Druck auf einen Hebel eine bestimmte Menge Schwefelkohlenstoff ausfließen läßt. Die einfache Eingießmethode ist in der Handhabung so leicht und in der Wirkung so sicher, daß größere, mit Pumpen versehene Schwefelkohlenstoffapparate für die Nagetierbekämpfung in Deutschland nicht in Frage kommen. Zur Vereinfachung der Schwefelkohlenstoffanwendung sind ferner Schwefelkohlenstoffpastillen (zusammengepreßtes, mit Schwefelkohlenstoff getränktes Sägemehl), Schwefelkohlenstoff-Gelatinekapseln (durch Lösung der in den Boden gebrachten Kapseln durch die Bodenfeuchtigkeit wird der Schwefelkohlenstoff frei) im Handel erschienen, Mittel, die keine sparsamere Verwendung des Schwefelkohlenstoffs gestatten, als sie mit der Schwefelkohlenstoffkanne möglich ist, dann aber meist durch größere Anschaffungskosten das Verfahren verteuern.

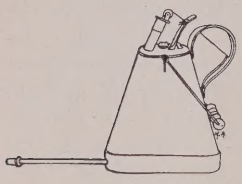


Abb. 59.
Schwefelstoffkohlenkanne.
(Nach H. Sachtleben.)

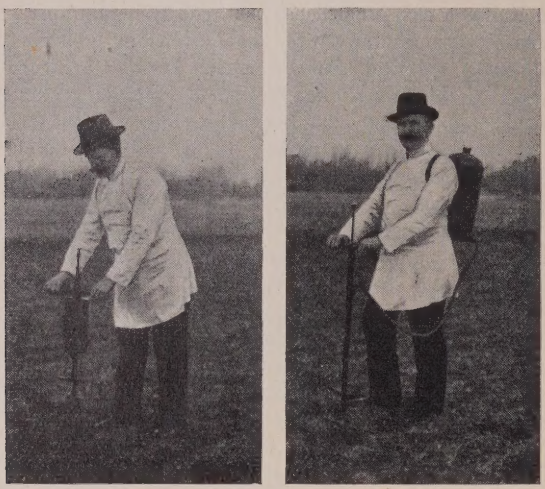
Von den Gänge und Baue bewohnenden Insekten werden Maulwurfsgrillen durch Eingießen von Schwefelkohlenstoff in die Ausführungsgänge (20 ccm je Loch), Ameisen und Termiten durch Eingießen einer der Größe des Nestes entsprechenden Schwefelkohlenstoffmenge vernichtet. Ameisennester werden zweckmäßig durch feuchte Säcke eine Zeitlang überdeckt. Die Diffusionsgeschwindigkeit des Schwefelkohlenstoffes im Boden sucht man bei der Bekämpfung von Termiten und tropischen Ameisen durch Mitverwendung einer Sprengkapsel zu erhöhen [1]). Mit einer Brechstange wird in die Nester ein senkrechtes Loch gestoßen, und in das Loch wird eine Flasche mit Schwefelkohlenstoff und, mit der Flasche verbunden, eine Dynamitpatrone geschoben. Die durch Zündschnur oder Zeitzünder zur Explosion gebrachte Patrone sorgt für schnellste Verteilung des Schwefelkohlenstoffes. Auch zur Vernichtung der in ihren Bauen sitzenden Hamster sind Sprengpatronen gemeinsam mit Schwefelkohlenstoff zur Anwendung gekommen. Für große Ameisen- und Termitennester ist das Schwefelkohlenstoff-

[1]) Vgl. S. 368.

verfahren kostspielig; es hat daher in Amerika seit einigen Jahren dem billigeren Kalziumzyanidverfahren (s. S. 351) weichen müssen.

Bei den im Boden lebenden, jedoch nicht bestimmte Nester und Gänge bewohnenden Insekten wird die Schwefelkohlenstoffbehandlung dadurch schwierig, daß einmal wegen der zerstreuten Lebensweise der Schädlinge eine Behandlung ganzer Bodenflächen notwendig ist, eine derartige Behandlung jedoch wegen des hohen Preises des Schwefelkohlenstoffes nur auf kleinen Parzellen oder in wertvollen Kulturen sich ermöglichen läßt, daß weiterhin aber häufig die Empfindlichkeit vieler Kulturpflanzen die Anwendung größerer Schwefelkohlenstoffmengen verbietet. Zur Erreichung besserer Wirtschaftlichkeit sucht man z. B. Drahtwürmer durch bestimmte Fangpflanzen an einzelnen Stellen anzuködern, so daß eine Behandlung dieser Stellen schon den größten Teil der Schädlinge vernichtet. Ferner hat man durch Mischen des Schwefelkohlenstoffes mit Seifenlösungen, Harzölseifenlösungen, Ölen und Fettsäuren (z. B. Natrium- und Kaliumoleat) dahin gestrebt, durch Erniedrigung der Schwefelkohlenstoffmenge die Behandlung zu verbilligen und durch Herabsetzung der Diffusionsgeschwindigkeit dem Gemisch die schädliche Wirkung auf die Pflanzenwurzeln zu nehmen. Gegen größere Insekten, wie Engerlinge und Drahtwürmer, hat sich eine Streckung des Schwefelkohlenstoffs nicht bewährt, da einmal eine Minderung der Schwefelkohlenstoffmenge nur auf Kosten der Giftwirkung erfolgen kann, und da außerdem durch die Beimengungen ein Teil des Schwefelkohlenstoffs gebunden wird und gar nicht zur Wirkung kommt (vgl. Bourcart 1913, S. 61). So hat sich zur Bekämpfung größerer Insekten (Drahtwürmer, Engerlinge, Koloradokäfer usw.) die Anwendung von reinem Schwefelkohlenstoff als beste, jedoch kostspielige Bekämpfungsmethode bewährt. Bestimmte Mengen Schwefelkohlenstoff werden bei dieser Methode in gleichmäßig angeordnete, mit Stoßeisen (Stangen, an denen in 40 cm Höhe ein Quertritt zum Aufsetzen des Fußes angebracht ist) im Erdboden hergerichtete Löcher von bestimmter Tiefe mittels Meßgefäß und Trichter eingefüllt oder mit Hilfe des „Spritzpfahles“ eingespritzt. Die Spritzpfähle oder Schwefelkohlenstoffinjektoren (Abb. 60a u. b) bestehen aus einem Messing- oder Kupferbehälter zur Aufnahme des Schwefelkohlenstoffs, einem längeren, spitzen, mit seitlicher Öffnung versehenen Ausführungsrohr und einer eingebauten Druckpumpe, die eine bestimmte Schwefelkohlenstoffmenge in einer bestimmten Bodentiefe ausspritzt. Durch Hochziehen des Pumpenkolbens öffnet sich am Grunde der Pumpe ein Ventil, durch welches je nach Stellung des Kolbens (an einer Skala einzustellen) eine bestimmte Schwefelkohlenstoffmenge in den oberen Teil des Ausführungsrohres eintritt. Durch

Niederdrücken des Kolbens wird dann die aus dem Kessel ausgetretene Schwefelkohlenstoffmenge durch das bis zu einer bestimmten Tiefe in den Boden eingestoßene Ausführungsrohr in den Boden eingespritzt. Zwei Handgriffe und ein in seiner Höhe verstellbarer Quertritt erleichtern dem Arbeiter die Handhabung des Apparates, insbesondere das Einstoßen des Ausführungsrohres in den Boden. Der Apparat wird als kleiner Handapparat (Abb. 60) oder als größerer, auf dem Rücken zu



a) Handapparat (Nechville). b) Rückenapparat (Platz).

Abb. 60. Schwefelkohlenstoffinjektoren.

tragender Apparat von den Firmen Fr. Nechville, Wien, und C. Platz, Ludwigshafen a. Rhein, hergestellt.

Die bei der Bekämpfung von Drahtwürmern und Engerlingen zur Anwendung kommenden Schwefelkohlenstoffmengen betragen im allgemeinen 30—50 ccm je qm (3—5 kg je a), die auf 6 Einstichlöcher je qm verteilt werden. Bei empfindlicheren Kulturpflanzen werden auch geringere Mengen (20 ccm oder zweimal 15 ccm je qm) empfohlen, doch sind diese geringeren Mengen von weniger durchgreifender Wirkung auf die Schädlinge. Eine Bekämpfung der meist größere Flächen befallenden Tipulalarven mit Schwefelkohlenstoff oder Schwefelkohlenstoff-Emulsionen ist verschiedentlich versuchsweise durch-

geführt worden; sie dürfte aber wegen der Kostspieligkeit der Behandlung für die Praxis nicht in Frage kommen. Eine Verwendung in größerem Ausmaß erlangte der Schwefelkohlenstoff in Frankreich zur Bekämpfung des Koloradokäfers; zur Abtötung des im Boden sich verpuppenden Käfers wurden nach J. Feytaud[1]) im Großversuch 750 Liter Schwefelkohlenstoff (= 1000 kg) je ha verwandt. Die Schwefelkohlenstoffmenge wurde teilweise durch Spritzpfähle in 25—30 cm voneinander entfernt liegende Einstichlöcher eingespritzt (eine Arbeit, die von 5 Arbeitern in 3 Tagen je ha erledigt werden konnte), dann aber wurde auch ein zum Ziehen von Furchen benutzter Pflug mit einem Apparat verbunden, der in einfacher Weise den Schwefelkohlenstoff in die Ackerfurchen entließ, die durch eine dem Pfluge folgende Walze verschlossen wurden. Ein Arbeiter und ein Pferd gebrauchten $2^1/_2$—3 Tage; um ein ha Land in der angegebenen Weise mit Schwefelkohlenstoff zu beschicken und wieder anzuwalzen. Erstrebenswert war ein Apparat, bei dem das Walzen mit dem Pfluge sofort verbunden ist, um eine sofortige Eindeckung und Abdichtung der eingeschütteten Schwefelkohlenstoffmengen zu ermöglichen.

Seine Hauptbedeutung hat der Schwefelkohlenstoff als Reblausbekämpfungsmittel erhalten. Von Amerika um die Mitte des vorigen Jahrhunderts eingeschleppt, ist die Reblaus innerhalb einiger Jahrzehnte teils von Frankreich, teils auch durch Neueinschleppung von Amerika in alle europäischen Weinbaubezirke weiter verbreitet worden und hat dort die Rebbestände bedroht. Die Aufgabe, ein Mittel zu finden, welches die Rebläuse abtötet, ohne die Rebstöcke zu schädigen, ist bisher noch ungelöst geblieben, trotzdem die französische Akademie der Wissenschaften einen Preis von $^1/_2$ Million Franken für die Lösung dieser Frage ausgesetzt hat. So ist der Schwefelkohlenstoff, der seit 1869 in Frankreich und bald auch in allen anderen Staaten zur Reblausbekämpfung angewandt wurde, trotz seiner Nachteile heute noch das beste chemische Reblausbekämpfungsmittel geblieben. In Deutschland, wo man seit dem Jahre 1875 und später durch das Reichsgesetz vom 6. Juli 1904 die Reblausbekämpfung gesetzlich geregelt hat[2]), war bis vor einigen Jahren das Extinktiv- oder Ausrottungs- oder Vernichtungsverfahren mit Schwefelkohlenstoff allein vorgeschrieben. Man versuchte, durch ein Radikalverfahren jeden neuauftretenden Reblausherd unter Vernichtung aller Rebstöcke zu beseitigen und so eine

[1]) Feytaud, J.: Annales des Epiphyties, 9. Jahrg., 1923, Nr. 4.

[2]) Vgl. Schaller, A.: Reblausgesetze. Berlin 1912.

Weiterverbreitung der Reblaus auf jeden Fall zu verhindern. Das gesamte deutsche Weinbaugebiet steht unter staatlicher Aufsicht; zu diesem Zwecke unterliegen sämtliche Rebanpflanzungen der Aufsicht durch örtliche Beobachtungskommissionen und durch staatliche Reblaussachverständige. Bei der Durchführung des Extinktivverfahrens werden die von Reblaus befallenen Stellen abgesteckt, mit einem 5—10 m breiten Schutzgürtel umgeben, in ihrem Werte abgeschätzt und einer Vor- und einer Hauptdesinfektion unterworfen. Bei der Vordesinfektion werden ungefähr 400 ccm Schwefelkohlenstoff je qm, auf regelmäßig angeordnete Einstichlöcher von 15—30 cm Tiefe verteilt, in den Boden gebracht, eine Menge, die zur Abtötung der meisten Rebstöcke führt. Weiter wird eine Oberflächendesinfektion durch Begießen des Erdbodens mit Petroleum, Saprosol- oder Kresolseifenlösung vorgenommen, um eine Verschleppung der Reblaus und ihrer Eier durch das Schuhwerk zu verhindern. Bei der einige Zeit später erfolgenden Hauptdesinfektion werden sämtliche Rebstöcke der Befallstelle und des Schutzgürtels abgehackt und mit den Rebpfählen an Ort und Stelle verbrannt. Die Befallstelle wird einer erneuten Schwefelkohlenstoffbehandlung und einer nochmaligen Oberflächenbehandlung mit Petroleum, Saprosol- oder Kresolseifenlösung unterworfen. Werden nach frühestens zwei Jahren keine lebenden Rebwurzeln, keine lebenden Rebläuse und keine neuen Stockausschläge gefunden, so dürfen oberirdisch abzuerntende Feldfrüchte, dann Hackfrüchte und frühestens nach sechs Jahren wieder deutsche Reben angepflanzt werden. Das Extinktivverfahren ist hart — selbst der Besitzer darf die Befallstellen nicht betreten — und für das Reich, das Entschädigungen zahlt, kostspielig; es ist für große Bezirke wegen des Verlustes an wertvollem Rebgelände zu teuer und kommt daher nur für kleinere Befallstellen in Frage. Immerhin ist der energischen Durchführung des Extinktivverfahrens in Deutschland die verhältnismäßig geringe Verseuchung der deutschen Weinbaugebiete bis 1914 zu verdanken. Während des Weltkrieges fehlte jedoch die strenge staatliche Aufsicht und jede Durchführung einer Reblausbekämpfung; die Folge war eine überaus starke Ausbreitung der Reblaus in Franken, Württemberg, Baden und im Rheingau. So mußte am Ende des Weltkrieges die staatliche Reblausbekämpfung durch neue Ausführungsbestimmungen [1]) zum Reblausgesetz dahin geändert werden, daß mit Genehmigung des Staates der Pfropfrebenbau, d. i. der Anbau von Reben mit reblausimmuner Amerikaner-Unterlage (s. S. 51), zugelassen wurde, und daß als Übergangsstadium vom Anbau anfälliger, einheimischer Rebsorten zum Anbau widerstands-

[1]) Reichsministerialblatt, 1923, Nr. 3.

fähiger, gepfropfter Reben das Kulturalverfahren angewandt werden konnte.

Das Kulturalverfahren oder Entseuchungsverfahren sieht für den Sommer oder besser noch für den Herbst eine Verwendung des Schwefelkohlenstoffs in einer Menge vor, die die Rebläuse in ihrer Ausbreitung hindert und z. T. auch vernichtet, die Rebstöcke aber möglichst wenig schädigt. Im Kulturalverfahren werden durchschnittlich 25 g Schwefelkohlenstoff je qm angewandt, die auf 4—6 Einstichlöcher je qm gleichmäßig verteilt werden. Da der Schwefelkohlenstoff, wenn auch das beste, aber noch kein ideales Reblausbekämpfungsmittel darstellt, hat man versucht, bei den zur Abtötung der Reblaus ausreichenden Schwefelkohlenstoffmengen durch Zusatzstoffe die schädigende Wirkung auf die Rebstockwurzeln auszuschalten [1]). Die meisten dieser Zusatzstoffe verändern das physikalische Verhalten des Schwefelkohlenstoffs, indem sie die Vergasung verlangsamen und so die schädigende Wirkung auf die Rebwurzeln zu verhindern suchen. Ein Zusatz von Giftstoffen zur Erhöhung der Giftwirkung auf die Reblaus lag bei der guten Wirksamkeit des Schwefelkohlenstoffes weniger nahe und wurde daher seltener angewandt. Es entstanden Mittel, wie Horlin (Schwefelkohlenstoff + Nitrobenzol), Natol (Schwefelkohlenstoff + Fischtran), Sulfoergethan (gallertartiges Mittel, enthält u. a. Schwefelkohlenstoff, Tetrachloraethan und eine Zyanverbindung) und Hopikol (Schwefelkohlenstoff + Nitrobenzol + Chlorpikrin), weiter wurde Schwefelkohlenstoff auch mit Erdölen und Petroleum gemischt. Wenn auch mit einigen Präparaten teilweise ausreichende Ergebnisse vorliegen, so stellt doch keines dieser Mittel eine wesentliche Verbesserung gegenüber Schwefelkohlenstoff dar; viele zeigen im Gegenteil ein weniger gutes Durchdringungsvermögen im Boden, daher einen kleineren Wirkungskreis und zum Teil auch eine geringere Giftwirkung als Schwefelkohlenstoff.

Wegen der großen Bedeutung, die einem vollwertigen Reblausbekämpfungsmittel zukommt, seien die von Thiem [2]) aufgestellten Forderungen angeführt. An ein brauchbares Bekämpfungsmittel ohne Schwefelkohlenstoff stellt H. Thiem folgende Forderungen:

1. in gasförmigem Zustand reblausabtötend
2. schwerer als Luft
3. keine Umsetzung im Boden

---

[1]) Vgl. Börner, C. und Thiem, H.: Arbeiten a. d. Biologischen Reichsanstalt, 1925, Bd. 13, Heft 4, S. 419.

[2]) Thiem, H.: Arbeiten a. d. Biologischen Reichsanstalt 1925, Bd. 13, Heft 4, S. 423.

4. auch bei niederen Temperaturen (0 bis — 4° C) vergasend
5. Durchdringen bindiger Böden und längeres Haften
6. Wasserunlöslichkeit
7. unverdünnt anzuwenden
8. keine Beeinflussung des Geschmacks der Trauben (und keine Schädigung der Pflanze)
9. möglichst bald wirksam und nicht verstreichend
10. nicht teurer als Schwefelkohlenstoff und im großen lieferbar.

Von einem brauchbaren, dem Schwefelkohlenstoff beizufügenden Zusatzstoff verlangt Thiem:

1. flüssige Natur und mit Schwefelkohlenstoff leicht mischbar
2. keine Veränderung des Schwefelkohlenstoffs
3. Verlangsamung und Lokalisierung des Schwefelkohlenstoffs
4. restlose Abgabe des Schwefelkohlenstoffs
5. reblausabtötend auch bei der Oberflächendesinfektion
6. keine Beeinflussung des Geschmacks der Trauben (und keine Schädigung der Pflanze)
7. kein zu hoher Gefrierpunkt
8. nicht zu teuer.

Als Ersatz des feuergefährlichen Schwefelkohlenstoffs hat Kaliumsulfokarbonat K_2CS_3 zur Reblausbekämpfung Verwendung gefunden. Das Mittel wird in wäßriger Lösung in den Boden gebracht, wo es Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff entwickelt und gegen Reblaus eine gute Wirkung gezeigt hat. Da Kaliumsulfokarbonat jedoch teurer ist, kommt es als Ersatz des Schwefelkohlenstoffes für die Praxis nicht in Betracht.

Über den Wert des Kulturalverfahrens sind die Ansichten sehr geteilt. Mit den Erfolgen ist man nach Jablonowski[1]) in Ungarn sehr zufrieden, wo man die edlen, ungarischen Weinsorten und ganze Weinbezirke sowohl auf altem Weinboden als auch in neuem, mit Europäer-Reben bepflanzten Gelände durch jährliche Behandlung mit Schwefelkohlenstoff in ertragsfähigem Zustande erhält. In Deutschland wird im allgemeinen das Kulturalverfahren anders beurteilt. So hält K. Müller[2]) das Kulturalverfahren für wenig geeignet wegen der starken Schädigung der Rebstöcke, der Ungewißheit, die Rebläuse abzutöten, und der Notwendigkeit, alljährlich das Kulturalverfahren zu wiederholen, wodurch der Weinbaubetrieb erheblich verteuert wird. Da keine sichere Abtötung der Reblaus im Kulturalverfahren zu erreichen ist, verlangte auch

[1]) Jablonowski: Anzeiger für Schädlingskunde, 1925, Bd. 1, S. 18 und 28.
[2]) Müller, K.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 4. Jahrg., S. 104.

C. Börner[1]) auf dem Weinbaukongreß in Freiburg 1922 statt des beim Kulturalverfahren möglichen Weinbaues mit Reblaus den durch Pfropfrebenbau oder Züchtung immuner Sorten möglichen Weinbau ohne Reblaus. Für Deutschland ist das Kulturalverfahren nur unter dem Gesichtspunkt anzuwenden, den Weinbau in solchen Gebieten so lange zu erhalten, bis Neuanlagen mit Pfropfreben bepflanzt werden können.

In beschränktem Maße hat endlich der Schwefelkohlenstoff zur Bekämpfung der Nematoden Verwendung gefunden. Bei nesterweisem Auftreten der Rübenälchen gelingt es häufig, die Befallstellen auszurotten durch Einbringen von je 80 ccm (= 100 g) Schwefelkohlenstoff in 20 cm tiefe und 50 cm voneinander entfernt liegende Löcher, Zutreten der Löcher und Überbrausen der ganzen Fläche mit Wasser (Schwefelkohlenstoffverfahren nach Hollrung). Die gleiche Schwefelkohlenstoffmenge (400—500 g je qm) wird, auf einzelne Einstichlöcher verteilt und mit Wasser überbraust, bei Nematodenbefall auch zur Desinfektion von Gewächshauserde verwandt. Da Sämereien gegen Schwefelkohlenstoff oft sehr empfindlich sind, muß die Erde vor der Aussaat auseinandergeworfen und gelüftet werden, bis kein Geruch nach Schwefelkohlenstoff mehr wahrnehmbar ist. Für größere Flächen ist die Verwendung von Schwefelkohlenstoff zur Nematodenbekämpfung zu kostspielig.

Mit der Anwendung des Schwefelkohlenstoffs als Bodendesinfektionsmittel ist die gegenseitige Beeinflussung des Schwefelkohlenstoffes und des Bodens eng verknüpft. Tiefgründige, leichte und mittelschwere Böden begünstigen die Schwefelkohlenstoffwirkung, schwere, bindige und feuchte Böden erschweren die Ausbreitung des Gases, flachgründige, steinige, warme und trockene Böden verursachen oft eine zu schnelle Vergasung und setzen daher die Wirkung auf die Schädlinge herab. Ebenso wichtig ist die Beeinflussung des Bodens durch Schwefelkohlenstoff und durch andere chemische Bodendesinfektionsmittel. Nach der Anwendung von Bodendesinfektionsmitteln sind im Wein- und Rübenbau und bei zahlreichen anderen Kulturpflanzen Ernteerträge oft bis zu 200 und 300 Proz. gegenüber den nichtbehandelten Flächen beobachtet worden. In denjenigen Fällen, bei denen die „Bodenmüdigkeit" auf die Tätigkeit schädlicher Organismen zurückzuführen ist (z. B.: „Rübenmüdigkeit" verursacht durch Heterodera schachtii, „Kleemüdigkeit" verursacht durch Sclerotinia trifoliorum), kann die nach erfolgter Bodendesinfektion beobachtete Ernteteigerung durch die Abtötung der Bodenschädlinge erklärt werden. In vielen Fällen aber kommen keine Schädlinge für Erscheinungen der Bodenmüdigkeit in Be-

[1]) Börner, C.: Fränk. Weinzeitung, 1923, Nr. 2 (Sitzungsbericht).

tracht, die auch durch geeignete Bodendesinfektionsmittel behoben werden kann. So hat man anläßlich der Reblausbekämpfung mit Schwefelkohlenstoff im Extinktivverfahren gefunden, daß die mit Schwefelkohlenstoff behandelten Weinberge eine große Fruchtbarkeit zeigen. Man ist bald dazu übergegangen, zur Behebung der Bodenmüdigkeit bei gerodeten, nicht von Reblaus befallenen Weinbergen, die sonst zur Erlangung ihrer alten Fruchtbarkeit mehrere Jahre brachliegen müssen, durch Schwefelkohlenstoffbehandlung (200—300 g je qm) eine Bodenverbesserung und „Bodenverjüngung" zu erzielen, so daß nach 6 Wochen wieder junge Reben angepflanzt werden können. Das Verfahren hat besonders in der Pfalz, in Rheinhessen und im Rheingau gute Ergebnisse erzielt. Die Theorien, die zur Erklärung der günstigen Beeinflussung der Bodenfruchtbarkeit durch Schwefelkohlenstoff und andere Bodendesinfektionsmittel aufgestellt sind, hat E. Vogt[1]) ausführlich zusammengestellt. Hier sei nur kurz erwähnt, daß von den einzelnen Autoren[2]) bald eine Änderung der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Bodens und damit eine chemische Aufschließung bestimmter Mineralnährstoffe, bald eine Stimulierung der Pflanzen durch Desinfektionsmittel, bald eine Begünstigung des Pflanzenwachstums durch Zuwachs an löslichen Pflanzennährstoffen, der aus der Zersetzung der durch Schwefelkohlenstoff im Boden abgetöteten Organismen hervorgeht, bald ungünstige Beeinflussung der Mikroorganismen des Bodens in qualitativer und quantitativer Richtung angenommen wurde.

„Die Vorgänge, die sich nach der Anwendung von Desinfektionsmitteln im Boden abspielen, sind sicherlich so mannigfacher Art und greifen in ihren Wirkungen so zahlreich ineinander über, daß es schwerlich gelingen wird, sie auf ein bestimmtes Prinzip, sei es chemischer oder biologischer Art, zurückzuführen."
(Vogt, l. c., S. 352).

Zur Bekämpfung holzbohrender Insekten im Freiland (z. B. Raupen des Weidenschwärmers und des Blausiebs) wird ein mit Schwefelkohlenstoff getränkter Wattebausch in den Bohrgang eingeschoben und das Bohrloch mit feuchtem Lehm oder Baumwachs verschlossen. Gegen holzbohrende Käfer in Möbeln (Holzwurm) wird empfohlen, in die Bohrlöcher mit Hilfe eines Maschinenölers oder einer Vogelfeder eine aus 30 ccm Tetrachlorkohlenstoff, 15 ccm Terpentinöl, 10 g Paradichlorbenzol oder Hexachloraethan und 5 g hartem

[1]) Vogt, E.: Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abtlg., Bd. 61, S. 323.
[2]) Vgl. z. B.: Maaßen und Behn: Arbeiten a. d. Biologischen Reichsanstalt, 1924, Bd. 12, S. 285; Muth: Wein und Rebe, 7. Jahrg., 1925, S. 200.

Paraffin hergestellte Mischung einzufüllen und die Bohrlöcher dann mit Wachs oder Paraffin zu verschließen.

Bei der Desinfektion von Saatgut, Setzreben und Pflanzensendungen aus Baumschulen findet Schwefelkohlenstoff vielfach Anwendung.

Die Desinfektion von Saatgut und Speichervorräten wird in vollkommen dicht schließenden Behältern (mit Zinkblech luftdicht ausgeschlagene Holzkästen, Vergasungskammern) ausgeführt. Zur Anwendung werden nach F. Zacher[1]) für 10 Liter Luftraum 10 ccm, für 100 Liter Luftraum 50 ccm und für 1000 Liter Luftraum (= 1 cbm) 250 ccm Schwefelkohlenstoff oder die doppelte Menge Tetrachlorkohlenstoff benötigt. Die Zeitdauer beträgt bei Speichervorräten 24—36 Stunden; bei Saatgut darf jedoch die Behandlungsdauer 24 Stunden, bei empfindlichem Saatgut 10 Stunden nicht überschreiten, um die Keimfähigkeit der Sämereien nicht zu stark herabzusetzen. Eine Kürzung der Behandlungsdauer kann nach Marchal und Vayssière[2]) ermöglicht werden, wenn man durch Verstäuben des Schwefelkohlenstoffs oder durch Einstellen des Schwefelkohlenstoffs in erhitzte Töpfe die Vergasung beschleunigt. Im allgemeinen ist es zur Erreichung einer guten Wirkung notwendig, daß die Temperatur des Raumes nicht unter 20° C sinkt. Ein schnelleres Eindringen des Schwefelkohlenstoffs in dicht gelagertes Saatgut und in Speichervorräte wird durch das weiter unten angeführte Schwefelkohlenstoff-Vakuumverfahren ermöglicht.

Große Getreidespeicher besitzen oft gemauerte Desinfektionskammern in größeren Ausmaßen, die hermetisch mit einer Tür verschlossen werden. Bei Getreidedurchgasungen (kein Saatgetreide) werden je cbm bei ganzer Kammerfüllung 200 g, bei halber Kammerfüllung 250 g und bei noch geringerer Füllung 300 g Schwefelkohlenstoff bei einer Behandlungsdauer von 32 Stunden empfohlen. In Ägypten werden nach Marchal und Vayssière zur schnellen und fortlaufenden Desinfektion von Baumwollsaatgut 6 Kammern gleichzeitig benutzt, die nacheinander mit Saatgut beschickt und mit den in besonderen Apparaten erzeugten und durch Rohrleitungen zugeführten Schwefelkohlenstoffdämpfen gefüllt werden.

Eine Desinfektion kleiner Getreidemengen zur Bekämpfung von Kornkäfer, Reiskäfer und Kornmotte auf Kornböden kann nach F. Zacher (s. o.) in einfacher Weise so vorgenommen werden, daß auf das pyramidenförmig aufgeschichtete Getreide mit Schwefelkohlenstoff getränkte

[1]) Zacher, F.: Flugblatt Nr. 63 der Biologischen Reichsanstalt.

[2]) Marchal und Vayssière: Annales des Epiphyties, 11. Jahrg., 1925, Nr. 3.

Säcke oder mit Schwefelkohlenstoff gefüllte flache Schalen aufgelegt werden und das Ganze mit einer undurchlässigen Plane zugedeckt wird.

Die in erster Linie zur Bekämpfung der Reblaus angewandte Desinfektion von Setzreben wird in Desinfektionskästen durchgeführt. Die für 1 cbm Luftraum benötigte Schwefelkohlenstoffmenge beträgt 250 ccm. Während der $^3/_4$ Stunden dauernden Vergasung soll die Temperatur nicht unter 20° C sinken. Die Reben werden nach der Vergasung gut abgewaschen und getrocknet. Wegen der Gefährlichkeit des Schwefelkohlenstoffs verwendet man in letzter Zeit zur Setzrebendesinfektion vielfach eine 1proz. Saprosollösung als Tauchmittel (vgl. S. 300).

Die Desinfektion von Pflanzensendungen kommt insbesondere bei der Ein- und Ausfuhr von Baumschulgewächsen zur Verhinderung der Verschleppung von Schädlingen zur Anwendung. Die unbelaubten Pflanzen werden in besonderen Vergasungskammern bei schneller Gasentwicklung einer 3stündigen Behandlung unterzogen. Trotz guter Erfolge ist das Verfahren doch nur in den Vereinigten Staaten von Amerika im allgemeinen Gebrauch. Seit 1920 kommt in Kalifornien auch ein Schwefelkohlenstoff-Vakuumverfahren [1]) immer mehr zur Anwendung, bei welchem in die mit Pflanzen beschickten und bis zu einem Unterdruck von 635 mm [2]) „luftleer" gepumpten Vergasungskammern oder Vergasungskessel (Abb. 61 und 62) die Schwefelkohlenstoffdämpfe eingeführt werden. Zur Minderung der Gefahr wird statt des explosiven Gemisches Schwefelkohlenstoff + Luft auch eine Mischung von Schwefelkohlenstoff + Kohlensäure benutzt. Die Behandlung dauert in der Regel eine Stunde. Im Jahre 1924 wurden in Kalifornien mehr als 122 000 Ziersträucher von 115 verschiedenen Arten und ungefähr 160 000 verpackte Zitrusbäume dieser Desinfektion unterworfen. Auch zur Desinfektion von Setzreben, Knollen, Zwiebeln und Pflanzenprodukten wird das Schwefelkohlenstoff-Vakuumverfahren verwandt und in Kalifornien dem Blausäure-Vakuumverfahren (vgl. S. 360) vielfach vorgezogen, da Schwefelkohlenstoff nach D. B. Mackie [3]) eine befriedigendere Tiefenwirkung zeigt und daher die in Zwiebeln und Knollen minierenden Insektenlarven leichter vernichten soll. Trockene und ausgereifte Knollen (Kartoffelknollen) und trockene Zwiebeln sind gegen Schwefelkohlenstoff-Vakuumvergasung sehr widerstandsfähig und ertragen eine Schwefelkohlenstoffmenge von 400 g je cbm und eine 90 Minuten dauernde Behandlung.

[1]) Vgl. Marchal und Vayssière: Annales des Epiphyties, 11. Jahrg., 1925, Nr. 3.

[2]) Bei 750 mm Barometerstand also 115 mm Druck im Kessel.

[3]) Mackie, D. B.: Vacuum Fumigation. Monthly Bull. Calif. Depart. of Agric., 4. Report, 1923, Vol. 12, S. 354.

Weiter wird in Amerika seit 1925 nach Leach und Fleming[1]) auch eine Einrichtung benutzt, die eine Desinfektion der Wurzeln durch Schwefelkohlenstoffdämpfe ohne Beschädigung des Laubwerkes gestattet. Die

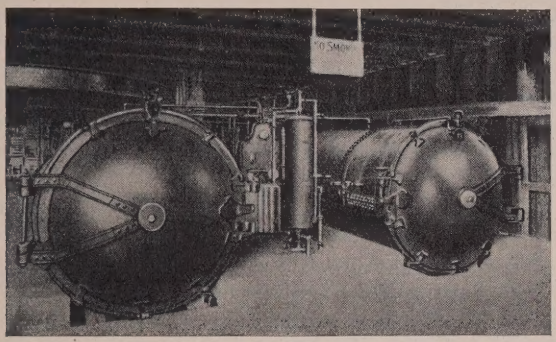


Abb. 61. Kessel für das Schwefelkohlenstoff = Vakuumverfahren.
(Nach Marchal und Vayssière.)

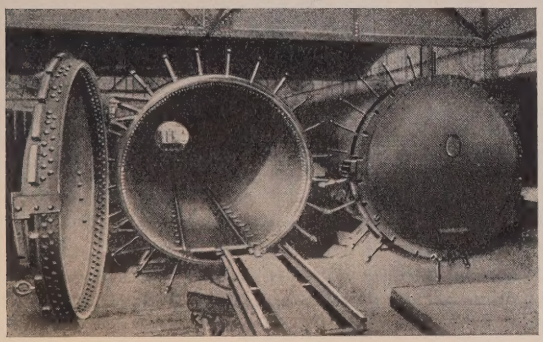


Abb. 62. Kessel für das Schwefelkohlenstoff = Vakuumverfahren, geöffnet.
(Nach Marchal und Vayssière.)

Einrichtung besteht aus einem Kessel von 2,75 m Höhe und 3 m Länge und ist teilweise mit Wasser gefüllt, in das die oberirdischen Teile der Pflanzen eingetaucht sind. Die Wurzeln reichen aufwärts in die in der

[1]) Leach, B. R. und Fleming, W. E.: Journal of economic Entomol., 1925, Vol. 18, S. 362.

oberen Kesselhälfte befindlichen Schwefelkohlenstoffdämpfe. Die oberflächliche Wasserschicht wird durch dauernden Ablauf und Zulauf ständig erneuert, um Schädigungen des Laubes durch absorbierte Schwefelkohlenstoffdämpfe zu vermeiden. Mit Öl eine Trennungsschicht zwischen dem Wasser und dem Gasraum herzustellen, erwies sich als nicht geeignet, da einerseits Öl keine sichere Trennungsschicht darstellt, andererseits Öle selbst leicht Laubbeschädigungen bewirken. Feuchter Boden an den Wurzelballen ist zu vermeiden, da er das Eindringen des Gases erschwert. Ausreichend wirkte auf die in und an den Wurzeln lebenden tierischen Schädlinge eine Schwefelkohlenstoffmenge von 100 ccm je cbm bei einer Dauer von 18 Stunden.

Bei der Bekämpfung von Hausungeziefer (Flöhen und Wanzen) wird Schwefelkohlenstoff zur Desinfektion bewohnter Räume angewandt. Entweder gießt man den Schwefelkohlenstoff in eiserne Pfannen und zündet ihn unter gewissen Vorsichtsmaßregeln an — bei der Verbrennung entsteht Schwefeldioxyd — oder aber der Schwefelkohlenstoff wird als Flüssigkeit zerstäubt. Das Schwefelkohlenstoffverfahren zur Hausungezieferbekämpfung ist in allen Staaten im Gebrauch und wird besonders für bewohnte Räume der Blausäurebehandlung vorgezogen, da das unangenehm riechende, die Atmungsorgane angreifende Schwefelkohlenstoffgas weniger leicht zu Unglücksfällen Anlaß gibt, als die fast geruchlose Blausäure. Als Nachteil hängt dem Schwefelkohlenstoffverfahren jedoch immer die starke Explosivwirkung des Schwefelkohlenstoff-Luftgemisches an, die nach M. Dingler[1]) schon durch starke Sonnenbestrahlung oder stark erwärmten Fußboden ausgelöst werden kann, und die anläßlich einer Entwanzung am 11. Februar 1926 in München großen Materialschaden verursachte und 20 Personen zum Teil schwer verletzte.

Die Feuergefährlichkeit des Schwefelkohlenstoffs hat immer wieder Veranlassung gegeben, nach besseren, nicht explosiven Ersatzstoffen zu suchen. Durch ein Verbot der General Managers' Association of Chicago, einer der größten Eisenbahngesellschaften der Vereinigten Staaten, ihre Eisenbahnwagen mit Schwefelkohlenstoff zu vergasen, wurden größere Untersuchungen[2]) veranlaßt, bei denen eine Mischung von 4 Teilen Äthylazetat und 6 Teilen Tetrachlorkohlenstoff als ein bei Normaltemperatur nicht brennbares und nicht explosives, auf die Schädlinge gut wirkendes Vergasungsmittel gefunden wurde. Die beiden Stoffe, die von Verunreinigungen frei sein müssen, haben gleiche Flüchtigkeit und

[1]) Dingler, M.: Der Kammerjäger, 1926, Nr. 3.

[2]) Back, E. A., und Cotton, R. T.: Journal of econ. Ent., 1924, Vol. 17, S. 663. und 1925, Vol. 18, S. 302.

vergasen daher wie ein einheitlicher Körper. In ihrer Wirkung akkumulieren sie sich, da beide einzeln weniger gut, in dem oben angegebenen Verhältnis jedoch aufs beste wirken. Das Gemisch wird in einer Menge von 7 g je 10 Liter Luftraum verwandt. Die Mischung erfordert einen sehr dichten Gasraum; sie ist teurer als Schwefelkohlenstoff und schädigt die Keimfähigkeit des Saatgutes und die Backfähigkeit des Mehles nicht.

In Deutschland war von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Abteilung für Schädlingsbekämpfung, Berlin SO 36, ein als Tetrafin oder Areginal bezeichnetes, leicht vergasendes, nicht brennbares und nicht explosives Tetrachlorkohlenstoffpräparat im Handel und hatte sich gut bewährt. Es wird zur Zeit nicht hergestellt.

Blausäurehaltige Mittel

Blausäure oder Zyanwasserstoff, HCN, ist eine farblose Flüssigkeit mit an bittere Mandeln erinnernden Geruch, die bereits bei 26,5° C siedet, jedoch schon bei tieferen Temperaturen schnell und restlos verdampft. Blausäure wird als Gas in der Schädlingsbekämpfung in weitestem Maße benutzt, da die gasförmige Blausäure eine starke Giftwirkung auf tierische Lebewesen ausübt und ein sehr gutes Durchdringungsvermögen zeigt, als Begasungsmittel in geschlossenen Räumen daher sich sehr gut eignet.

Wenn auch die Giftwirkung der Blausäure schon lange bekannt ist — bereits im alten Ägypten sollen Heiligtumschänder von den Priestern durch Blausäure getötet worden sein [1] — so ist die Einführung der Blausäure in die Schädlingsbekämpfung [2]) doch erst Ende des vorigen Jahrhunderts erfolgt. Die ungenügende Wirkung der chemischen Spritzmittel auf verschiedene, sehr widerstandsfähige Schildlausarten führte Coquillet im Jahre 1886 in Los Angeles zur ersten Anwendung der Blausäure im Pflanzenschutz. Das Blausäureverfahren hat sich in Amerika zur Schildlausbekämpfung schnell durchgesetzt und ist dort auch bald allgemein zur Schädlings- und Ungezieferbekämpfung in Speichern und Mühlen, Gewächshäusern, Vergasungszelten und Vergasungskammern, Wohnräumen und Schiffen verwandt worden. Seit Beginn dieses Jahrhunderts hat es auch in anderen Ländern (z. B. Spanien 1910, Italien 1913) Eingang gefunden. In Deutschland wurde das Blausäureverfahren 1917 der Praxis übergeben und hat hier insbesondere zur Vergasung von Mühlen, Speichern und Schiffen, seltener zur Gewächshaus- und Zelt-

---

[1]) Vgl. Deckert, W.: Die Gartenwelt, 30. Jahrg., Nr. 37.

[2]) Vgl. Lehmann, K. B.: „Bestehen gerechtfertigte hygienische Bedenken gegen die Verwendung von Blausäure und blausäurehaltigen Mitteln als Vertilgungsmittel für Ungeziefer im Großen?“ München. mediz. Wochenschrift, 1920, S. 1517.

durchgasung Verwendung gefunden. In Frankreich setzt sich das Blausäureverfahren nur langsam durch, da dort lange Zeit dem Chlorpikrin vor der Blausäure der Vorzug gegeben wurde.

Bei der Durchführung der Blausäuredurchgasung kam zur Entwicklung des Blausäuregases ursprünglich nur das Bottichverfahren in Betracht. Das Verfahren beruht darauf, daß nach dem Schema $H_2SO_4 + 2NaCN = 2HCN + Na_2SO_4$ aus Zyaniden durch Zusatz von Säuren die Blausäure entwickelt wird. Als Zyanid wurde lange Zeit Kaliumzyanid, KCN, verwandt, das erst seit 1910 vom billigeren und mehr Blausäure entwickelnden Natriumzyanid, NaCN, überflügelt wurde. Nach den vom Englischen Ministry of Agriculture and Fisheries (Leaflet 363) aufgestellten Forderungen soll das Natriumzyanid mit Säure nicht weniger als 56 Proz., Kalziumzyanid nicht weniger als 43,7 Proz. seines Gewichtes als Blausäure entwickeln können. Als Säure wird Schwefelsäure der billigeren Salzsäure vorgezogen, weil sie beim Verdünnen mit Wasser Wärme entwickelt, die das Austreiben der Blausäure beschleunigt. Bei Verwendung von Schwefelsäure beträgt die Ausbeute an Blausäure nach W. Rasch[1]) 90 Proz., bei Salzsäure nur 70—75 Proz. Die Schwefelsäure muß rein, insbesondere frei von salpetriger Säure sein.

Zur Erzeugung der Blausäure werden nach Marchal und Vayssière (l. c.) am zweckmäßigsten verwandt:

1 Teil NaCN + 1,5 Teile H_2SO_4 (66° Bé) + 2 Teile Wasser oder
1 Teil KCN + 1 Teil H_2SO_4 (66° Bé) + 3 Teile Wasser

Die Dosierung der Giftmengen richtet sich nach der Giftempfindlichkeit der Schädlinge und der zu behandelnden Pflanzen und ist je nach der Behandlungsdauer verschieden. Sie wird angegeben in Gewichtsteilen der zur Gasentwicklung notwendigen Natriumzyanidmengen oder in Vol-Proz. des entwickelten Blausäuregases (1 Vol.-Proz. = etwa 10 g HCN je cbm). Zur Erlangung einer Blausäure-Konzentration von 1 Vol.-Proz. werden nach den Vorschriften der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung je 1000 cbm Rauminhalt 27 kg Natriumzyanid, 24 Liter Schwefelsäure (66° Bé) und 70 Liter Wasser benötigt.

Zur Durchführung des Bottichverfahrens werden auf dem Boden des gut abgedichteten Vergasungsraumes in bestimmten Abständen irdene Gefäße aufgestellt, in welche zuerst die vorgeschriebene Wassermenge, dann die Schwefelsäuremenge eingefüllt wird. Das in entsprechenden Mengen abgewogene Natriumzyanid wird, in Zeitungspapier leicht eingeschlagen,

[1]) Rasch, W.: Desinfektion, 6. Jahrg., 1921, S. 153.

neben die einzelnen Bottiche gelegt. Die Natriumzyanid-Päckchen werden dann, vom letzten Bottich angefangen, in der Richtung zur Ausgangstür schnell in die verdünnte Schwefelsäure gelegt, der Raum wird schleunigst verlassen und die Ausgangstür abgeschlossen und von außen gut abgedichtet. In Amerika sind für Gewächshausdurchgasungen auch Einrichtungen benutzt worden, die eine gefahrlose Beschickung der Bottiche mit Natriumzyanid von außen her gestatten. Die in den Bottichen zurückbleibenden Reste sind sofort nach der Vergasung mit Kalk zu neutralisieren und tief zu vergraben.

Da das Bottichverfahren bei unsachgemäßer Handhabung für den die Vergasung durchführenden Arbeiter recht gefährlich ist, hat man das Blausäuregas auch außerhalb des zu vergasenden Raumes in besonderen Gasentwicklungsapparaten entwickelt und durch Rohrleitungen in den Raum eingeleitet. Das Verfahren wird als Generatorverfahren bezeichnet. Der erste dieser Generatorapparate wurde 1912 von William Dingle[1]), einem amerikanischen Praktiker, gebaut; bald kam dann ein verbesserter, als „Cyanofumer" bezeichneter Gasgenerator in Los Angeles heraus, welcher in kurzer Zeit (1915—1917) in Kalifornien das Bottichverfahren fast völlig verdrängte. Der „Cyanofumer"[2]) (vgl. Abb. 67) besteht aus zwei übereinanderliegenden, innen mit einem Bleimantel oder Silikatüberzug versehenen und daher säurefesten Kammern, die auf einem kleinen Karren aufgebaut sind. In den oberen Behälter kommt das in Wasser gelöste Natriumzyanid, in den unteren die verdünnte Schwefelsäure. Durch Zulaufenlassen bestimmter Mengen der Natriumzyanidlösung zur Schwefelsäure wird das Blausäuregas entwickelt, das durch Schlauchleitungen in den Vergasungsraum geleitet wird. Der Apparat hat 4 Öffnungen: zum Einfüllen der Natriumzyanidlösung, der verdünnten Schwefelsäure, für Gasaustritt und für Sicherung bei zu starker Gasentwicklung. Zum Füllen des Generators wird in einem großen Tank die Natriumzyanidlösung angesetzt.

Zur leichteren Durchführung der Blausäurevergasung wurde sodann 1916 in Amerika von William Dingle zum erstenmal flüssige Blausäure angewandt, die sich wegen ihrer einfachen Handhabung in Kalifornien als „liquid gas method" bald durchsetzte. Nach R. S. Woglum (s. o.) wurde 1923 von den jährlich in Kalifornien für Blausäurevergasung ausgegebenen 2,5 Millionen Dollar 90 Proz. für Vergasung mit

---

[1]) Vgl. Woglum, R. S.: Journal of econ. Entom., 1923, Vol. 16, S. 518.

[2]) Webster, R. L.: New York State Agric. Exp. Stat. Geneva, Bull. 523, 1924 und Young, H. D.: Univ. of California, Berkeley, Circ. 139.

flüssiger Blausäure und 10 Proz. für Vergasung mit dem Generator- und Topfverfahren ausgegeben. Zur Entwicklung des Blausäuregases aus der flüssigen Blausäure sind im Laufe kurzer Zeit in Amerika zahlreiche Generatorapparate gebaut worden, die entweder die Flüssigkeit durch eine Spritze fein zerstäuben oder durch Hitze die Flüssigkeit verdampfen. Zur Vergasung sollen 20 ccm der flüssigen Blausäure 30 g Natriumzyanid entsprechen. Die Verwendung flüssiger Blausäure hat sich in den europäischen Ländern nicht eingeführt, da die in Stahlflaschen oder besonderen Aluminiumbehältern gelieferte Blausäure sich leicht zersetzt und sehr explosiv ist. Ihr Transport, ihre Lagerung und Anwendung erfordern daher größte Vorsicht und besondere kostspielige Vorrichtungen. In Amerika wird die wasserfreie, flüssige Blausäure zur Verhütung von Unglücksfällen des Nachts auf Automobilen transportiert.

Andere Wege zur Durchführung des Blausäureverfahrens war man inzwischen in Deutschland durch die Ausarbeitung des Zyklonverfahrens gegangen. Wenn auch in den ersten Jahren nach der Einführung des Blausäureverfahrens in Deutschland das Bottich- und das Generatorverfahren in ziemlichem Umfange zur Anwendung kamen, so war man doch von Anfang an bemüht, die bei der Blausäureverwendung für den Menschen bestehende Gefahr nach Möglichkeit ganz auszuschalten. Viele Menschen sind gegen die fast geruchlose Blausäure geruchsunempfindlich, aber auch für geruchsempfindliche Personen ist der Geruch nicht so lästig, als daß er die Personen zum Verlassen des vergasten Raumes zwingen würde. Es wurde daher versucht[1]), der reinen Blausäure oder einer geeigneten Blausäureverbindung einen stark wirkenden Reizstoff zuzusetzen, der nicht nur als Warnungssignal dient, sondern auf jede Person einen Zwang zur Flucht ausübt. Durch Zusatz eines wirklich brauchbaren Reizstoffes würde die Gefährlichkeit der Blausäurevergasung für den Menschen bedeutend herabgesetzt, so daß sich für die Benutzung solcher Mittel eine Milderung der sehr strengen Gesetze über Verwendung hochgiftiger Stoffe zur Schädlingsbekämpfung ermöglichen ließe.

Von dem der Blausäure zugesetzten Reizstoff muß verlangt werden: 1. daß er die Vorzüge der Blausäure (keine chemische Einwirkung auf Metalle, Kleiderstoffe, Leder, Farben, keine Schädigung der Lebensmittel) nicht beseitigt, 2. daß er die Blausäure durch chemische Reaktion nicht unwirksam macht und 3. daß er in physikalischer Hinsicht (Molekulargewicht, Siedepunkt) der Blausäure möglichst nahekommt, so daß beide Verbindungen, einmal gemischt, sich nicht wieder trennen und „überall

[1]) Vgl. Tesch, Br.: Desinfektion, 10. Jahrg., 1925, S. 45.

dort, wo der Giftstoff auftritt, gleichzeitig auch sein den Reiz auslösender Begleiter erscheint" (B. Tesch, 1925). Als brauchbares Mittel wurde von Flury und Hase[1]) eine als Zyklon (= Zyklon A) und Ventox bezeichnete Mischung von Cyankohlensäuremethylester ($CN \cdot COOCH_3$) und Chlorkohlensäuremethylester ($Cl \cdot COOCH_3$) gefunden, bei welcher der in 10 Proz. zugesetzte Chlorkohlensäuremethylester als stark Augen- und Nasenschleimhäute reizender Zusatzstoff eine vorzügliche Wirkung auf Menschen zeigte. Versuchsweise ist dem Zyklon A noch als Augenreizstoff Xylylbromid zugefügt worden. Zyklon A war eine Flüssigkeit, die mittels Spritzen im Vergasungsraum zerstäubt und zur Erreichung einer 1 Vol.-Proz. Konzentration in einer Menge von 3,8 Liter je 100 cbm Raum angewendet wurde. Da die Wirkung außer vom Zyangehalt auch noch von einer molekularen Wirkung abhing, war Zyklon A wirksamer als Blausäure und konnte daher in der Praxis statt 1 Vol.-Proz. in einer Menge von 2 Liter je 100 cbm benutzt werden. Beide Bestandteile des Zyklon A stimmten hinsichtlich des Molekulargewichtes fast überein (Giftstoff 85, Reizstoff 93), und auch die Siedepunkte lagen insofern günstig (Giftstoff 97°, Reizstoff 71,4°), daß der Reizstoff früh genug die Anwesenheit des Giftstoffes anzeigen konnte. Das Mittel war daher als sehr brauchbar zu bezeichnen. Leider darf Zyklon A, da es auf der Liste der Kampfgase[2]) steht, laut Friedensvertrag nicht mehr hergestellt werden.

Als Ersatz des Zyklon A versuchte man zuerst das im Weltkrieg benutzte, schon bei 15,5° C siedende Chlorzyan ClCN zu verwenden, das aber trotz seiner vorzüglichen Wirkung auf die Schädlinge und seiner starken Reizwirkung auf die Augen wegen der Schädigung von Metallen und Stoffen fallengelassen werden mußte. Im Jahre 1922 wurde dann von der Degesch[3]) ein neues Zyklon (vielfach als Zyklon B[4]) bezeichnet) hergestellt, eine aus Blausäure (Molekulargewicht 27, Siedepunkt 26,5°) und Chlorkohlensäuremethylester (Molekulargewicht 23, Siedepunkt 71,4°) bestehende Flüssigkeit, die zusammen mit einem aufsaugenden Trägerstoff zur Verwendung kommt. Als Trägerstoff wird Kieselgur (Diatomit) be-

---

[1]) Flury und Hase: Münch. medizin. Wochenschrift, 1920, S. 779.

[2]) Vgl. Meyer, Julius: Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe. „Chemie und Technik der Gegenwart", 1926, Bd. 4, 2. Aufl., S. 219.

[3]) Degesch = Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung, Frankfurt a. M., Steinweg 9.

[4]) Die in der Literatur übliche Unterscheidung der verschiedenen, zeitlich aufeinanderfolgenden Zyklon-Präparate als Zyklon A, B und C wird von der Degesch auf den Handelspackungen, die nur den Namen Zyklon führen, nicht durchgeführt.

nutzt, die infolge ihres hohen Aufsaugevermögens nach W. Herzog[1]) imstande ist, bis zur Hälfte ihres Gewichtes flüssige Blausäure aufzunehmen. Das neue Zyklon B wird als trockenes Pulver in dicht schließenden Blechbüchsen in den Handel gebracht und bei der Durchführung der Vergasung auf dem Boden des Raumes ausgestreut. An der Luft gibt der Trägerstoff die Blausäure und den Reizstoff schnell ab. Mit Zyklon B wurden im Jahre 1925 in Deutschland rund 5 Millionen cbm Raum durchgast, im ersten Quartal 1926 hatte bereits die Zahl die Höhe von 2,2 Millionen cbm erreicht.

Die an Zyklon B gestellten Forderungen haben sich nicht restlos erfüllt: da einmal die Reizwirkung infolge chemischer Zersetzung bei längerem Lagern geringer wird, so daß wohl die Giftwirkung erhalten bleibt, die Reizwirkung jedoch allmählich verschwindet, und da außerdem Giftstoff und Reizstoff beim Durchtritt durch poröse Wände sich trennen, wird die Anwesenheit der Blausäure nicht mit Sicherheit durch den Reizstoff angezeigt. Die Blausäure des Zyklon B diffundiert nach B. Tesch[2]) 300mal so schnell durch eine 5 cm dicke Rabitzwand als der zugesetzte Reizstoff. Der Unterschied der Durchdringungsvermögen der Gasbestandteile wurde anfangs allein durch die physikalischen Eigenschaften, insbesondere durch die für Diffusionsvorgänge allgemein wichtigen Molekulargewichte, erklärt. Bei weiteren Untersuchungen[3]) zeigte es sich jedoch, daß den physikalischen Eigenschaften unter Umständen nicht ein solch großer Einfluß zukommt wie chemischen Eigenschaften, wenn Bestandteile der durchtretenden Gasgemische mit den Baustoffen in chemische Reaktion treten und von ihnen gebunden oder zersetzt werden. Für die Auswahl des Reizstoffes sind also einerseits die für das Diffusionsvermögen wichtigen physikalischen Verhältnisse, andererseits die möglichst geringe chemische Reaktionsfähigkeit gegenüber Wandmaterial wichtig. Leider hat sich bisher kein brauchbarer und ausreichend stabiler Reizstoff finden lassen, der hinsichtlich der Molekulargewichte und der Siedepunkte mit der Blausäure übereinstimmt. Man hat jedoch mit Erfolg versucht, durch den Zusatz mehrerer Reizstoffe und durch einen Überschuß dieser Reizstoffe auch die schwierigen Diffusionsvorgänge so zu gestalten, daß ausreichende Mengen von Reizstoffen stets die Anwesenheit von Blausäure anzeigen. So hat die Degesch ein neues, zur Bekämpfung brauchbares und hinsichtlich des Reizstoffes zuverlässiges Zyklon (meist als

[1]) Herzog, W.: Chemiker-Zeitung, 50. Jahrg., 1926, Nr. 68, S. 493.

[2]) Tesch, B.: Desinfektion, 10. Jahrg., 1925, S. 45.

[3]) Thilenius und Pohl: Zeitschrift f. angew. Chemie, 1925, Nr. 47, S. 1067; Pohl und Tesch: Desinfektion, 11. Jahrg., 1926, Heft 10 u. 11.

Zyklon C bezeichnet) ausgearbeitet, das eine Aufsaugung von stabilisierter flüssiger Blausäure in Kieselgurerde (Diatomit) unter Zusatz von Bromessigsäuremethylester (Molekulargewicht 153, Siedepunkt 144°) und Chlorpikrin (Molekulargewicht 164,5, Siedepunkt 113°) als Reizstoffe darstellt. Als weiterer Versuch ist auch Chlorzyan (Molekulargewicht 61,5, Siedepunkt 15,5°), das schon in geringer Menge, ähnlich der Ameisensäure, der Blausäure als Stabilisierungsmittel zugegeben werden kann, als Reizstoff verwandt worden. Die Unerträglichkeitsgrenze der oben genannten Reizstoffe beträgt für Bromessigsäuremethylester 1,5 mg, für Chlorpikrin 10 mg und für Chlorzyan 3 mg je cbm. Der Reizstoffzusatz ist beim Zyklon C außerordentlich hoch bemessen und auch die chemische Indifferenz gegenüber Wandmaterial und die Diffusionsfähigkeit der Reizstoffe durch poröse Wände sind genügend gewährleistet, so daß bei einer Zyklon C-Vergasung der Aufenthalt in einem Raume, in dem Vergiftungsgefahr besteht, für Menschen unmöglich wird, bevor eine Vergiftung eintreten kann.

Nach dem Zyklonverfahren sind im Laufe der Jahre in Deutschland und vielen anderen europäischen Staaten insgesamt über 25 Millionen cbm Raum mit einem Anteil von 250 000 kg Blausäure vergast worden. Die konservenbüchsenartigen Zyklonbehälter werden im Freien mit einem besonderen Büchsenöffnungsapparat geöffnet und sofort mit einer dichtschließenden Gummikappe verschlossen. Die Verteilung des Pulvers erfolgt in den zu vergasenden Räumen durch ein einfaches Ausstreuen (Abb. 63); bei der Zeltdurchgasung werden besondere Einfüllapparate benutzt.

Als letztes Anwendungsverfahren der Blausäure zur Schädlingsbekämpfung ist die Benutzung von Kalziumzyanid $Ca(CN)_2$ zu nennen. Kalziumzyanid wird aus Kalziumzyanamid $CaCN_2$ gewonnen, das wiederum aus dem Stickstoff der Luft und Kalziumkarbid hergestellt wird. Kalziumzyanid, dessen Blausäuregehalt, ungefähr 48—50 Proz., dem des Natriumzyanids entspricht, hat ursprünglich die Form von 1 mm dicken, schwarzen Plättchen. Als Schädlingsbekämpfungsmittel wird es in Amerika von der American Cyanamid-Company of Delaware, New York, in folgenden Präparaten in den Handel gebracht:

Calcium Cyanide Flakes: 40—50 Proz. $Ca(CN)_2$, fingernagelgroße Stücke.
„ „ Granules: 40—50 Proz. $Ca(CN)_2$, Feinheit wie gemahlener Kaffeesatz
„ „ „G“: 40—50 Proz. $Ca(CN)_2$, Feinheit wie Seesand
„ „ „A“: 40—50 Proz. $Ca(CN)_2$ } feiner Staub, von welchem 80 Proz. durch ein 6400-Maschensieb geht.
„ „ „B“: 17—25 Proz. $Ca(CN)_2$ }
„ „ Citrus dust: 30—37,5 Proz. $Ca(CN)_2$ + 25 Proz. Schwefel
„ „ „C“: 75 Proz. $Ca(CN)_2$.

Der große Vorteil des Kalziumzyanids vor den vorher in Amerika üblichen Blausäureverfahren (Bottich- und Generatorverfahren, Verwendung flüssiger Blausäure) besteht in seiner überaus einfachen Anwendungsweise und seiner selbsttätigen Blausäureentwicklung. Kalziumzyanid wird als trockenes Pulver, ähnlich wie Zyklon B und C, auf dem Boden ausgestreut und entwickelt langsam durch Einwirkung der Luftfeuchtigkeit Blausäure. Kalziumzyanid wurde zum erstenmal 1921 in Amerika von G. E. Sanders zur Schädlingsbekämpfung angewandt; im Sommer 1923 war es schon in den Staaten Illinois, Indiana, Missouri, Kansas und Oklahama zur Bekämpfung der chinch bugs (Blissus leucopterus) in Gebrauch

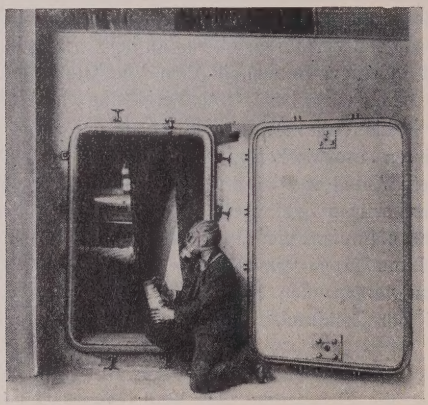


Abb. 63. Beschickung einer Vergasungskammer mit Zyklon. (Nach B. Tesch.)

und hat bald in Gewächshäusern, unter Zelten, in Vergasungskammern und auch im Freiland gegen Bodenschädlinge viel Verwendung gefunden. Selbst vom Flugzeug aus über die bedrohten Kulturen ausgestreut, soll (?) es in Amerika bei windstillem Wetter gegen Freilandschädlinge zufriedenstellend gewirkt haben. Auch in Deutschland wird es seit einiger Zeit von den Bayerischen Stickstoffwerken, Berlin NW 7, Schadowstr. 4, hergestellt und ist versuchsweise schon viele Male zur Gewächshausdurchgasung erfolgreich benutzt worden. Im Gegensatz zu den anderen Blausäureverfahren, bei denen eine schnelle, bei dem Bottichverfahren sogar eine stürmische Entwicklung der Blausäure eintritt, entwickelt Kalziumzyanid die Blausäure sehr langsam und gibt daher in der üblichen Verwendung auch weit geringere Blausäurekonzentrationen. Bei genügend langer Einwirkungszeit reichen diese geringen Konzentrationen zur Ab-

tötung leicht bekämpfbarer Pflanzenschädlinge (Blattläuse, Thrips, Aleurodiden) völlig aus und gefährden nicht in gleich starkem Maße, wie die anderen Verfahren, den die Vergasung ausführenden Arbeiter. Wenn auch beim Ausstreuen des Kalziumzyanids Gasmasken nicht getragen zu werden brauchen und nach Beendigung der Vergasung (meist 12—15 Stunden) die Blausäure kaum noch wahrzunehmen ist, so sind doch die notwendigen Vorsichtsmaßregeln (Sicherung der vergasten Räume durch Verschluß, Warnungstafeln, gutes Lüften nach der Vergasung) niemals außer acht zu lassen.

Bei der Besprechung der Anwendungsarten der Blausäurevergasung verlangen auch die Sicherungsapparate und Sicherungsmaßnahmen kurze Erwähnung. Einfache und bei der Gefährlichkeit der Blausäure selbstverständliche Sicherungsmaßnahmen sind: 1. das vollständige Abdichten der Räume (nicht allein zur erfolgreichen Durchführung der Vergasung, sondern auch zur Freihaltung etwa vorhandener Nachbarräume), 2. der jedes unbefugte Betreten ausschließende, sichere Verschluß der Räume, 3. das Anbringen von Warnungstafeln und bei Schiffsdurchgasungen von Warnungsflaggen, 4. die Beseitigung aller Rückstände (durch Neutralisieren mit Kalk und durch Vergraben) und 5. die restlose Entfernung der Blausäure durch Lüften der Räume nach der Vergasung. Bei der Durchführung der Vergasung sind Gasmasken mit Blausäure absorbierenden Einsätzen, besser noch Sauerstoffatmungsgeräte zu tragen. Bewährt hat sich das „Deutsche Sauerstoff-Schutzgerät" (Hersteller: Draeger-Werk, Lübeck). Vor Freigabe und Benutzung der vergasten Räume ist ein „Gasrestnachweis" zu führen. Er wurde früher durch Geruchproben mit der Nase oder als biologische Probe durch Einlaufenlassen einer Maus angestellt; heute wird er mit Sicherheit nach einem besonderen Blausäure-Bestimmungsverfahren [1]) mit Hilfe des sog. „Gasrestnachweis-Gerätes" durchgeführt. Bei Benutzung des Gerätes wird ein mit einer frisch bereiteten Mischung einer 0,3proz. Kupferazetatlösung und einer 0,1proz. Benzidinazetatlösung getränkter Filtrierpapierstreifen in den nach der Vergasung entlüfteten Raum gebracht. Bei Anwesenheit von Spuren von Blausäure tritt sofort eine Blaufärbung des Papieres ein. Die Räume dürfen zur Benutzung erst freigegeben werden, wenn der Gasrestnachweis negativ ausfällt.

Für die Blausäurevergasung ist die Wirkung der Blausäure auf Menschen, Schädlinge, Pflanzen und die sonst zu begasenden Gegenstände (Vorräte, Lebensmittel usw.) wichtig.

[1]) Pertusy und Gastaldi: Chemiker-Zeitung, 1913, Bd. 37, S. 609; Siewerts und Hermsdorf: Zeitschrift für angewandte Chemie, 1921, Bd. 34, S. 3; Herzog, W.: Chemiker-Zeitung, 50. Jahrg., 1926, Nr. 68.

Über die Wirkungsweise der Blausäure auf die lebende Zelle sind verschiedene Theorien aufgestellt worden, nach denen die Giftwirkung auf Adsoprtion (vgl. S. 119) oder auf Ionisation (Giftwirkung der Zyanionen) oder auf Bildung von Additionsverbindungen mit dem Plasma, die als körperfremde Verbindungen die Giftwirkung ausüben, beruht. Am wahrscheinlichsten ist die von O. Warburg[1]) aufgestellte Theorie, nach welcher die Blausäure das im Plasma befindliche Eisen bindet und dadurch Atmung und Fermentation der Zelle stört. Die Wirkung der Blausäure ist reversibel, d. h. bei Zuführung frischer Luft wird die Schädigung aufgehoben, wenn der Schädigungsgrad noch nicht zu groß ist.

Eine schädigende Wirkung der Blausäure auf den Menschen kann erfolgen bei Aufnahme der Blausäure durch die Lunge, durch den Magen oder durch die Haut. Die häufigste Schädigung findet bei Aufnahme durch die Lunge statt, wobei die in der Lungenfeuchtigkeit sich lösende Blausäure von den Körperzellen aufgenommen und vom Blut schnell im ganzen Körper verteilt wird. Mit dem Blute bildet Blausäure durch Festlegung des Eisens Zyanhämoglobin, wodurch der Sauerstoffaustausch und damit auch die Oxydation und Fermentbildung im ganzen Körper gehemmt werden. Am meisten wird das Zentralnervensystem und hier wieder in erster Linie das Atemzentrum geschädigt, wodurch bald Angstgefühl, Atemnot, Herabsetzung der Herztätigkeit und des Blutdrucks, Krämpfe, Bewußtlosigkeit, Lähmungserscheinungen, Starrkrampf und Tod als Symptome der Blausäurevergiftung eintreten. Die tödliche Dosis für den Menschen ist 1 mg je kg Körpergewicht bei unmittelbarer Zuführung. Nach W. Rasch[2]) wird ein 70 kg schwerer Mensch in rund $^1/_2$ Minute in einer 1 Vol.-Proz. Blausäurekonzentration zugrunde gehen. Gegenmittel gegen leichtere Blausäurevergiftung sind frische Luft, künstliche Atmung, Sauerstoffzufuhr und Natriumthiosulfatinjektionen, Maßnahmen, die wegen der schnellen Wirkungsweise der Blausäure bei Unglücksfällen oft zu spät kommen. — Bei Aufnahme der Zyanverbindung in den Magen wird die durch die Magensäure freigemachte Blausäure vom Körper sofort aufgenommen. Als Gegenmittel sind nach W. Rasch das Eingeben einer frischbereiteten Mischung von gebrannter Magnesia und Eisenvitriol, nasse Umschläge auf den Kopf, frische Luft und künstliche Atmung anzuwenden. — Schädigungen durch Aufnahme der Blausäure durch die Haut sind, wie die Behandlung räudekranker Pferde mit Blausäure gezeigt hat, möglich und unter Umständen tödlich. Auch bei Men-

[1]) Warburg, O.: Naturwissenschaften, 1925, Bd. 13, S. 442.
[2]) Rasch, W.: Desinfektion, 6. Jahrg., 1921, S. 153.

schen sind krätzeähnliche Erkrankungen durch blausäurehaltige Mittel verursacht worden [1]). Eine Aufnahme durch die Haut findet besonders bei starker Schweißabsonderung und feuchten Kleidern statt. Bei Durchführung der Blausäuredurchgasungen schreibt daher die Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung vor, den Aufenthalt in den vergasten Räumen so kurz wie möglich zu gestalten, leichte Oberkleidung zu tragen und die Kleidung nach der Arbeit sofort zu wechseln.

Über die feinere Wirkungsweise der Blausäure auf tierische Schädlinge, insbesondere auf Insekten, ist nichts bekannt. Durch Versuche sind nur immer wieder die großen Unterschiede der Blausäureempfindlichkeit sowohl bei den einzelnen Schädlingsarten [2]) als auch bei verschiedenen Altersstadien desselben Schädlings festgestellt worden. So fand z. B. F. Zacher [3]), daß Raupen des Ringelspinners (Malacosoma neustria) durch 0,058—0,107 Vol.-Proz. bereits in einer Stunde abgetötet wurden, während Raupen des Goldafters (Euproctis chrysorrhoea) noch nach 5 Stunden lebten. Jüngere Raupen des Kiefernspinners (Dendrolinus pini) waren empfindlicher als ältere. Sehr viele Pflanzen und Vorratsschädlinge konnten bei 4stündiger Behandlung mit 0,1 Vol.-Proz. restlos abgetötet werden. Korn- und Reiskäfer, die sich als sehr widerstandsfähig erwiesen, wurden bei 1 Vol.-Proz. erst in 6, bei 2 Vol.-Proz. in 4 Stunden abgetötet. Zur Bekämpfung von Blatt- und Schildläusen empfiehlt A. Andres [4]) 0,2—0,3 Vol.-Proz. bei $^1/_2$stündiger Vergasung; zur Bekämpfung der widerstandsfähigen Blutlaus muß eine halb- bis einstündige Vergasung mit 0,5 Vol.-Proz. durchgeführt werden. In Kalifornien hat man nach R. S. Woglum [5]) eine zunehmende Immunität der Schildläuse gegenüber der Blausäure festgestellt, die auf die ständige Anwendung des Blausäureverfahrens zurückgeführt wird (vgl. S. 123). Die Entwicklung dieser Immunitätszunahme hat solchen Umfang angenommen, daß eine einzige Behandlung selbst bei Verwendung stärkerer Konzentrationen nicht mehr ausreichend wirkt. Da eine doppelte Vergasung zu teuer ist, besteht das Bedürfnis nach einer neuen, wirksamen Methode.

Da die Wirkung der Blausäure auf Pflanzen im allgemeinen weniger stark ist als auf Tiere, ist eine Verwendung bestimmter

---

[1]) Seligmann: Berliner klinische Wochenschrift, 1921, Bd. 58, S. 1329.

[2]) Vgl. Marchal und Vayssière: Annales des Epyphyties, 11. Jahrg., 1925, S. 121 und Hollrung, M. 1923, S. 143.

[3]) Zacher, F.: Mitteilung a. d. Biol. Reichsanstalt, 1919, Heft 17, S. 34.

[4]) Andres, A.: Die Gartenwelt, 1919, Bd. 23, S. 139.

[5]) Woglum, R. S.: Journal of econom. Entomol., 1925, Vol. 18, S. 539.

Blausäuremengen in Gewächshäusern oder unter Vergasungszelten zur Bekämpfung tierischer Schädlinge an Pflanzen ohne Schädigung der Pflanzen in vielen Fällen möglich. Bei Pflanzenbeschädigungen durch Blausäure dringt das Blausäuregas durch die Spaltöffnungen in die Gewebe ein und stört dort Oxydationsvorgänge und Fermentbildungen. Für die Möglichkeit und die Stärke des Auftretens von Pflanzenschädigungen sind die Außenbedingungen (Licht, Temperatur, Feuchtigkeit) von ausschlaggebender Bedeutung. Höhere Temperaturen und stärkere Sonnenbestrahlung vor und nach der Behandlung begünstigen ebenso die Schädigungen, wie hohe Feuchtigkeitsgrade während der Begasung. Schädigungen treten nach R. S. Moglum nicht auf bei Vergasungen bei diffusem Licht oder Dunkelheit und bei einer Temperatur bis zu 26° C, während nach der Behandlung eine Temperatur von 13° C die beste war. Selbst Vergasungen über 26° C sollen nach Woglum nicht schaden, wenn vor und nach der Behandlung die Temperatur niedrig war. Im allgemeinen werden jedoch Temperaturen über 26° C als schädlich angesehen. Die schwersten Verbrennungen beobachtete R. L. Webster [1]) bei Nachtvergasungen, denen am folgenden Tag hohe Temperaturen folgten. Vergasungen dürfen nur an trockenen und nicht mit Kupferkalkbrühe behandelten Pflanzen vorgenommen werden; ein Begießen oder Bespritzen der Pflanzen oder eine Behandlung mit Bordeauxbrühe vor der Vergasung sind daher zu unterlassen. Auch allzu nasse Böden führen durch die Lösung größerer Blausäuremengen oft zu Schädigungen der Pflanzen. Bei Vergasungen von Saatgut hat sich gleichfalls der Feuchtigkeitsgehalt der Sämereien [2]) als wichtig gezeigt, da wasserreiche Sämereien eher in ihrer Keimfähigkeit geschädigt werden, als wasserarme. Der Grund der Schädigung hängt endlich noch von der Empfindlichkeit der Pflanzen ab [3]). Hartlaubige Pflanzen (Palmen, Zitrusarten usw.) sind widerstandsfähiger als weichblättrige und saftreiche, jüngere Pflanzen empfindlicher als ältere. Von Gewächshauspflanzen haben sich z. B. Asparagus plumosus, junge Tomaten, Chrysanthemen und Margareten als sehr blausäureempfindlich gezeigt.

Ein besonderer Vorzug der Blausäure gegenüber dem Schwefeldioxyd ist die Unschädlichkeit der Blausäure für Gebrauchsgegenstände, Vorräte und Lebensmittel. Auf Metalle, wollene und baumwollene Kleidungsstücke und empfindliche Farben ist Blausäure ohne Einfluß, Vorräte und viele (trockene) Lebensmittel können

[1]) Webster, R. L.: New York State Agric. Exp. Stat. Geneva, Bull. 523, 1924.
[2]) Scherpe: Mitteilungen a. d. Biol. Reichsanstalt, 1920, Heft 18, S. 143.
[3]) Scherpe: Mitteilungen a. d. Biol. Reichsanstalt, 1919, Heft 17, S. 32.

nach ausreichender Lüftung wieder verwandt werden; selbst bei Mehl wird die Genuß- und Backfähigkeit durch eine Blausäuredurchgasung nicht beeinträchtigt. Nur wasser- und fetthaltige Lebensmittel (offene Getränke, eingemachte Gurken, Butter, Eier, frisches Obst und Gemüse und frisches Brot) sind wegen der starken Absorption der Blausäure vor der Durchgasung zu entfernen. Zur Vermeidung von Vergiftungen wird auch die Entfernung anderer Lebensmittel, wie Kaffee, Zucker, Tee, empfohlen.

Die Anwendung der Blausäure erstreckt sich auf die Bekämpfung von Ungeziefer in Gebäuden und Schiffen, von Speicher- und Vorratsschädlingen in Mühlen und Lagerhäusern und von Pflanzenschädlingen.

Zur Bekämpfung von Ungeziefer, Speicher- und Vorratsschädlingen werden nach den Vorschriften der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung folgende Blausäurekonzentrationen angewandt:

1. in landfesten Gebäuden gegen Ratten, Mäuse und Flöhe: 0,4 Vol.-Proz. bei 4 Stunden Vergasungsdauer; gegen Wanzen, Küchenschaben und Kleiderläuse: 1 Vol.-Proz. bei 6 Stunden Dauer; gegen Kleidermotten: 2 Vol.-Proz. bei 12 Stunden Dauer; gegen Mehlmotten in Mühlen und Speicheranlagen: 1 Vol.-Proz. bei 18 Stunden Dauer.
2. auf Schiffen gegen Ratten, Mäuse und Flöhe: 0,1 Vol.-Proz. bei 2 Stunden Dauer; gegen Wanzen, Küchenschaben und Läuse: 0,5 Vol.-Proz. bei 5—6 Stunden Dauer.

Die von der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung angegebenen Konzentrationen gelten für die Praxis; sie rechnen mit den bei jeder Vergasung eintretenden Gasverlusten und sind daher wesentlich höher als die in exakten Laboratoriumsversuchen als notwendig gefundenen Gasdichten. So konnten von F. Zacher (s. o.) z. B. Mehlmottenraupen schon durch eine vierstündige Behandlung mit 0,1 Vol.-Proz. Blausäurekonzentration abgetötet werden; die sehr widerstandsfähigen Kornkäfer erlagen im Laboratoriumsversuch einer sechsstündigen Behandlung mit 1 Vol.-Proz., während ihre praktische Bekämpfung in Getreidespeichern nach F. Burkhardt[1]) mit Blausäure praktisch kaum durchführbar ist.

Die Gefährdung der menschlichen Gesundheit bei unvorsichtiger Handhabung der Blausäuredurchgasung in bewohnten Häusern zeigt sich am deutlichsten bei einem von W. Rasch (s. o.) mitgeteilten Vergiftungsfall in Mährisch-Ostrau, bei welchem eine im Erdgeschoß auf der einen Seite des Korridors liegende Hotelküche vergast wurde und im Laufe der

[1]) Burkhardt, F.: Stat. Memoir 26, 1919 (zit. nach Riehm, E., 1921).

Nacht im dritten Stock auf der anderen Seite des Korridors drei Personen an Blausäurevergiftung starben. Die Ungezieferbekämpfung darf wegen dieser Gefahr in Deutschland mit reiner Blausäure nur in unbewohnten und völlig geräumten Häusern durchgeführt werden. Für Zyklon sind auf Grund seines Reizstoffes insofern Erleichterungen geschaffen, als auch in bewohnten Häusern unter besonderen Voraussetzungen eine Vergasung gestattet wird.

Die Vergasung von Einzelgegenständen, wie Polstermöbeln, Teppichen,

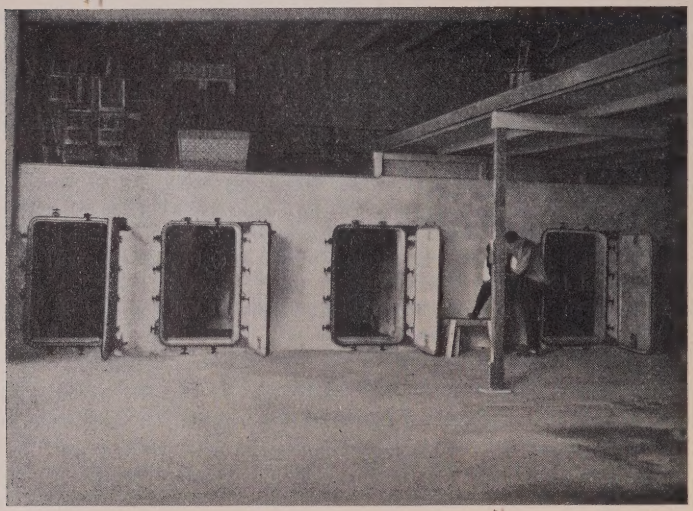


Abb. 64. Vier nebeneinanderliegende Vergasungskammern. (Nach B. Tesch.)

Kleidungsstücken und Bettzeug wird zweckmäßig in besonderen Desinfektionskammern durchgeführt, die in isolierter Lage eine Blausäurevergasung ohne Gefährdung menschlicher Wohnungen gestatten. Abb. 64 zeigt vier nebeneinanderliegende Vergasungskammern [1]).

Zur Bekämpfung von Ungeziefer und Vorratsschädlingen mit Blausäure sind das Bottich-, das Generator- und das Zyklonverfahren zu benutzen, eine Verwendung von Kalziumzyanid kommt wegen der langsamen Entwicklung der Blausäure nicht in Betracht. Das im Anfang auch

[1]) Tesch, B.: Mitteilungen des Reichsverbandes der deutschen Färbereien 1926, Nr. 17.

in Deutschland viel angewandte Generatorverfahren (1. deutsche Anwendung im April 1917 bei einer Mühlendurchgasung in Heidingsfeld in Unterfranken) und das Bottichverfahren (1. deutsche Anwendung im Mai 1917 bei einer Mühlendurchgasung in Elmshorn) sind bald durch das Zyklonverfahren völlig verdrängt worden, da die alten Verfahren zur Durchgasung großer Mühlen und Speicheranlagen (meist 3000—4000 cbm, vereinzelt sogar 60 000—90 000 cbm [1]) nicht ausreichten. Neben Mühlen- und Speicherdurchgasung hat das Zyklonverfahren zur Ungezieferbekämpfung in Wohnungen, Kasernen, Museen und Eisenbahnwagen vielfach Verwendung gefunden.

Zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen ist die Gewächshausdurchgasung wichtig, für welche die gleichen Vorsichtsmaßregeln (Prüfung des Gewächshauses auf Bau und Lage, gute Abdichtung, sicherer Verschluß, Warnungstafeln, gute Durchlüftung) zu beobachten sind wie z. B. bei der Mühlendurchgasung. Die anzuwendenden Konzentrationen richten sich nach dem zu bekämpfenden Schädling und nach der Blausäureempfindlichkeit der Pflanzen. Letztere lassen im allgemeinen eine höhere Gaskonzentration nicht zu, so daß wesentlich geringere Gasmengen (0,2—0,4 Vol.-Proz.) für die Gewächshausdurchgasung in Betracht kommen, als sie zur Ungezieferbekämpfung verwandt werden. E. R. Sasscer und A. D. Borden [2]), die in einer ausführlichen Liste die Blausäurekonzentrationen und Behandlungszeiten für die einzelnen Gewächshausschädlinge und -pflanzen zusammengestellt haben, geben je nach der Empfindlichkeit der Pflanzenart als brauchbare Mengen 0,5—2,5 bis 5 g Natriumzyanid je cbm bei einer Behandlungsdauer von 30—60 Minuten an. Die Vergasungen werden meist in der Nacht durchgeführt, um Blattbeschädigungen durch starke Sonnenbestrahlung und zu hohe Temperaturen möglichst auszuschalten. Auf die Bedeutung von Feuchtigkeit und Wärme für den Grad der Blausäureempfindlichkeit der Pflanzen ist schon oben hingewiesen worden (vgl. S. 356).

Die zur Gewächshausdurchgasung notwendigen geringen Blausäurekonzentrationen machen die Anwendung des die Blausäure nur langsam entwickelnden Kalziumzyanids möglich, das wegen seiner leichten und verhältnismäßig gefahrlosen Anwendungsweise in Amerika zum wichtigsten Blausäuremittel für Gewächshausdurchgasungen geworden ist. Kalziumzyanid wird in einer Menge von 50—100 g je 100 cbm ausgestreut und hat gegen Blattläuse, Thrips, Aleurodiden und Schildläuse gute Er-

[1]) Vgl. Rasch, W.: Desinfektion, 6. Jahrg., 1921, S. 153.

[2]) Sasscer, E. R. und Borden, A. D.: U. S. Depart. of Agric., Bull. 513 und Famers Bull. 880.

folge gezeigt. Auch in Deutschland sind in letzter Zeit verschiedentlich gute Ergebnisse mit Kalziumzyaniddurchgasungen in Gewächshäusern erhalten worden [1]).

Weiter ist Blausäure zur Desinfektion von Pflanzensendungen aller Art (Baumschulgewächsen, Edelreisern, Stecklingen, Zwiebeln, Knollen, Sämereien) benutzt worden. Die Desinfektion dieser Sendungen wird insbesondere in Nordamerika an den Einfuhrstationen vorgenommen, um eine Einschleppung fremder Schädlinge zu verhindern. Die Pflanzen kommen in Vergasungskammern, wo sie einer Blausäurebehandlung unterzogen werden. Die bei der Desinfektion zur Entwicklung des Blausäuregases notwendigen Kalziumzyanidmengen sind 10 g je cbm für unbelaubte Bäume und Sträucher, 6 g je cbm für Pfropfreiser bei einer Behandlungsdauer von 45—60 Minuten. Durchgreifender wirksam als die einfache Durchgasung ist ein Vakuum-Blausäureverfahren [2]), bei welchem die Pflanzen in große Kessel (vgl. Abb. 61 und 62) gebracht werden, die nach Art der Autoklaven luftdicht verschlossen und bis zu einem Unterdruck von 635 mm [3]) luftverdünnt gemacht werden, und in welche dann die in einem Generator entwickelte Blausäure eingeleitet wird. Durch das Vakuum erreicht man, daß das eindringende Gas in dicht verpackte Massen (Baumwollballen, Saatgut in Säcken, Wurzelwerk) leicht eindringt und die dort sitzenden Schädlinge vernichtet. Die Behandlungsdauer beträgt zwei Stunden; nach dieser Zeit wird Luft und Gas bis zu einem Unterdruck von 635 mm durch Pumpen wieder entfernt und dann Luft von außen zugelassen. Außer der Blausäure kommt auch der Schwefelkohlenstoff und bestimmte Tauchmittel unter Mitbenutzung des Unterdruckes zur Anwendung (vgl. S. 342 und 300). Das Verfahren ist 1912 in Amerika zum erstenmal angewandt und wird dort heute zur Desinfektion von Pflanzen und Saatgut (insbesondere Baumwollsaatgut) viel benutzt. Nach D. B. Mackie [4]) wurden in Kalifornien im Laufe eines Jahres (1922) mehr als 125 000 getopfte und 100 000 in Anzuchtkästen gezogene Zitrusbäumchen dem Vakuum-Blausäureverfahren unterzogen.

Die Verwendung von Blausäure gegen Schädlinge im Freiland ohne Benutzung besonderer Zeltvorrichtungen ist verschiedentlich versucht worden. Man verspritzte einmal Blausäure abgebende Flüssigkeiten über die befallenen Pflanzen (Obstbäume), dann

---

[1]) Deckert, W.: Die Gartenwelt, 30. Jahrg., 1926, Nr. 37, 39, 44 und 45.

[2]) Marchal und Vayssière: Annales des Epiphyties, 11. Jahrg., 1925, S. 121.

[3]) Bei 750 mm Barometerstand also 115 mm Druck im Kessel.

[4]) Mackie, D. B.: Vacuum Fumigation. Monthly Bull. Calif. Dep. of Agric 4. Report, 1923, Vol. 12, S. 354.

aber benutzte man auch das im Weltkriege geübte Blasverfahren[1]), um aus Stahlbomben Blausäuregas in die bedrohten Kulturen einzublasen. Wegen der großen Diffusionsgeschwindigkeit der Blausäure war die zeltlose Verwendung im Freiland von vornherein sehr fraglich; man glaubte aber immerhin, bei geschlossen auftretenden Heuschreckenschwärmen in Talmulden oder bei Forstschädlingen in dichten Forstbeständen eine genügende Blausäurekonzentration längere Zeit halten zu können. Die Versuche haben ergeben, daß eine zur Abtötung der oft sehr widerstandsfähigen Schädlinge ausreichende Gaskonzentration selbst in Wäldern nicht gehalten werden kann, daß also eine Verwendung der Blausäure im Blasverfahren zur Schädlingsbekämpfung nicht möglich ist (vgl. Chlor S. 368). — Einzelne Berichte über die Brauchbarkeit von Kalziumzyanid als Stäubemittel ohne Zeltbenutzung zur Bekämpfung von Blattläusen und Blattsaugern an Obstbäumen können nur mit größter Vorsicht aufgenommen werden. Auch zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen (Erdflöhe, Blattwanzen, Blattläuse) an krautartigen Gewächsen des Freilandes hat sich das Stäuben mit Kalziumzyanid im allgemeinen nicht bewährt. Gute Erfolge hat man jedoch mit der Verwendung der Blausäure bei der Zeltvergasung[2]) erzielt, einer Methode, die bei der ersten Anwendung der Blausäure zur Schädlingsbekämpfung an Zitrusbäumen von Cocquillet 1886 in Kalifornien schon benutzt wurde. Das Verfahren war im Anfang sehr umständlich, da die glockenförmigen Zelte aus schweren, meist geölten, gasdichten Stoffen bestanden und nur sehr schwer über die Bäume gestülpt werden konnten. Im Anfang der 90er Jahre wurde die Methode sehr verbessert, indem die schweren, glockenförmigen Zelte durch viereckige Zeltbahnen aus dichtgewebtem, nicht geöltem und daher leichterem Segelstoff ersetzt wurden, die je nach Größe des Baumes aneinandergefügt und mit Hilfe von 2 Stangen leicht über die Bäume gezogen werden konnten (Abb. 65 u. 67). Die Ausbreitung der Zelte

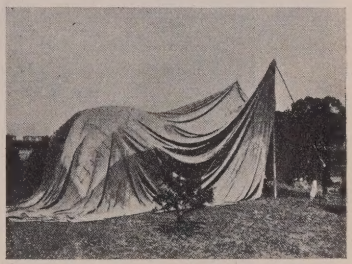


Abb. 65.
Baumbegasung. Spannen des Zeltes.

[1]) Vgl. Meyer, J.: Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, „Chemie und Technik der Gegenwart", 1926, Bd. 4, 2. Aufl., S. 138.

[2]) Woglum, R. S.: Journal of econom. Entomol., 1923, Vol. 16, S. 518 und Webster, R. L.: New York State Agric. Exp. Stat. Geneva, Bull. 523, 1924.

über die Bäume hat man verschiedentlich auch mit Hilfe von Auslegekranen oder von kleinen Fesselballons zu erleichtern versucht, doch ist das Überziehen der Zelte mit zwei Stangen heute noch die einfachste und meist angewandte Methode. Im Jahre 1907 konstruierte Morrill Zelte aus Zeltbahnen von bestimmter Größe, bei denen an besonderen Marken (vgl. Abb. 66) der Rauminhalt des Zeltes (nach Höhe und Umfang) leicht abzulesen war und die zur Vergasung notwendige Zyanidmenge nach einer Konzentrationstabelle ermittelt werden konnte. Diese als „marked tents" bezeichneten Zelte führte Woglum 1908 in Südkalifornien ein; sie kommen heute durchweg bei allen Baumdurchgasungen zur Anwendung. Die untere Abdichtung der Zelte erfolgt durch Aufwerfen von Erde.

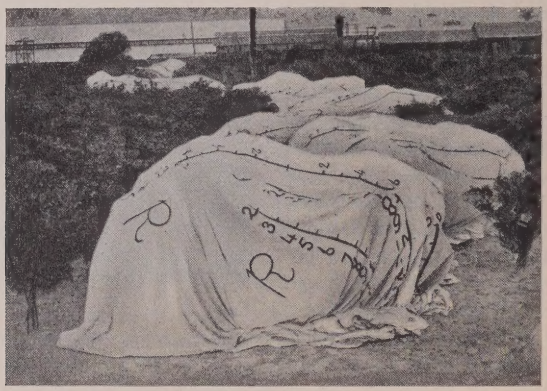


Abb. 66. Vergasung von Zitrusbäumen mit markierten Zelten. (Nach G. E. Bodkin.)

Bei der Zeltvergasung kommen das Bottichverfahren, das Generatorverfahren und die Verwendung flüssiger Blausäure in Frage. Seit einiger Zeit wird in Amerika auch Kalziumzyanid und in Spanien mit gutem Erfolge auch Zyklon zur Baumvergasung verwandt. Die beim Bottichverfahren stürmisch erfolgende Blausäureentwicklung hat oft zu Pflanzenschädigungen geführt, das Verfahren ist daher vor dem besser zu regulierenden Generatorverfahren (Abb. 67) und der Verwendung flüssiger Blausäure zurückgetreten. In Südkalifornien wurde nach Webster (s. o.) 1919 mit ungefähr 175 Gasgeneratoren gearbeitet, jeder mit wenigstens 50 Zelten, so daß es möglich war, 500—600 Bäume in einer Nacht zu behandeln. Da eine zur vollständigen Abtötung der Schädlinge führende Behandlung für die nächsten 2—3 Jahre weitere Behandlungen

überflüssig macht, ist das Gasverfahren für die obstreichen Gegenden Kaliforniens von großer Bedeutung.

Anwendung findet die Zeltvergasung in erster Linie bei hartlaubigen Bäumen (Zitrus), jedoch sind auch weichblättrige Bäume (Apfel) im Zeltverfahren vergast worden. Nadelhölzer sollen gegen Blausäurevergasung sehr empfindlich sein. Die Vergasung wurde ursprünglich nur des Nachts durchgeführt, um Pflanzenschädigungen und größere Gasverluste zu ver-

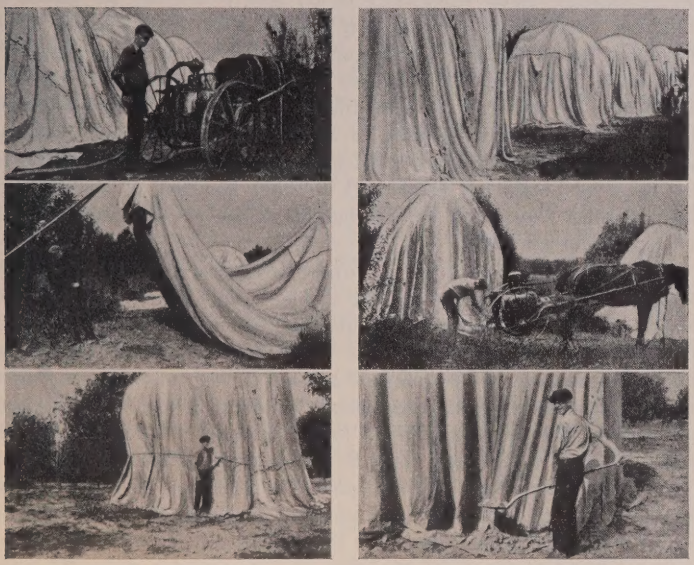


Abb. 67. Zeltvergasung mit dem Generatorverfahren. (Nach R. L. Webster.)

meiden, doch hat es sich gezeigt, daß die Vergasung unter günstigen Verhältnissen (kein Regen, Windstille, Bewölkung, keine hohen Temperaturen) auch am Tage durchzuführen ist. Die meisten Laub- und Fruchtschädigungen bei richtig angewandter Konzentration und Behandlungsdauer werden durch hohe Temperaturen (über 26° C) während der Vergasung oder durch hohe, einer Nachtdurchgasung folgende Temperaturen verursacht. Bestimmte Angaben über Konzentrationen und Einwirkungszeit lassen sich nicht machen, da diese Daten zu sehr von der Widerstandsfähigkeit der Schädlinge, von der Empfindlichkeit und der

augenblicklichen, je nach der Jahreszeit verschiedenen Lebenstätigkeit der Pflanzen, von der Beschaffenheit des Gaszeltes und von äußeren Bedingungen (Temperatur, Bewölkung, Luftfeuchtigkeit, Wind) abhängen. Die durchschnittliche Einwirkungszeit beträgt 45—60 Minuten. Bei großzügiger Durchführung der Zeltvergasung, d. h. bei Gebrauch eines Generatorapparates und gleichzeitiger Benutzung von 50 Zelten, werden die Bäume in Serien behandelt, indem die einzelnen Baumreihen gleichzeitig vergast werden und die Behandlung so von Baumreihe zu Baumreihe weiterschreitet. Nach Webster (s. o.) sind 6 Arbeiter zur Durchführung der Vergasung notwendig, von welchen 4 die Zelte spannen — bei besonders hohen Bäumen vorübergehend alle 6 — und 2 die eigentliche Vergasung, d. h. die Bedienung des Generators, durchführen. Die Zeltvergasung, die in erster Linie im Obstbau zur Bekämpfung von Schildläusen, Blattläusen, Psylla usw. in Amerika, Spanien, Italien, Palästina und anderen südlichen Ländern erfolgreich durchgeführt wird, dürfte für die deutsche Praxis nur beschränkt in Frage kommen, da die im allgemeinen hohe Wuchsform der Bäume im deutschen Obstbau eine Zeltüberspannung erschwert.

Zur Bekämpfung tierischer Bodenschädlinge ist die Blausäure verschiedentlich benutzt worden. Entweder wurde Natriumzyanid in Pulverform oder in Lösung auf den Boden gebracht oder in Löcher in den Boden eingefüllt. Die Wirkung auf die Schädlinge (Engerlinge, Drahtwürmer, wurzelbohrende Insektenlarven, Reblaus, Nematoden) war im allgemeinen nicht befriedigend, weiterhin wurden schon bei sehr schwachen Natriumzyanidlösungen (0,08—0,6 Proz.) Schädigungen an den Kulturpflanzen beobachtet. Zur Nematodenbekämpfung brachte I. R. Watson[1]) zuerst Natriumzyanidlösung in den Boden (600 pds Natriumzyanid auf je 40 a), dann wurde Ammoniumsulfat (900 pds auf je 40 a) nachgestreut und durch Übergießen mit Wasser zur Lösung gebracht, um aus dem Natriumzyanid die Blausäure frei zu machen. Nach Watson soll die Wirkung auf Bodenschädlinge gut sein, doch ist das Verfahren sehr teuer. Der Boden kann 14 Tage nach der Behandlung wieder bebaut werden.

Bessere Erfahrungen als mit Natriumzyanid hat man mit Kalziumzyanid gemacht, das zur Bekämpfung von Nematoden und Drahtwürmern in Amerika mit Hilfe eines besonderen, von der American Cyanamid Company gebauten, an jeden Pflug anzubringenden Apparates in die vom Pflug gezogene Erdfurche gebracht und beim Aufwerfen der nächsten Pflugfurche eingedeckt wird. Die Wirkung hängt von der Be-

[1]) Watson, I. R.: Journal of econom. Entomol., 1924, Vol. 17, S. 225.

schaffenheit und vom Feuchtigkeitsgrad des Bodens ab. Die zur wirksamen Bekämpfung in Amerika benutzten Kalziumzyanidmengen sind so groß (5—12 Ztr. je ha), daß einerseits das Verfahren teuer ist, andererseits die Pflanzen stark geschädigt werden, die Behandlung also nur auf unbestellten Äckern möglich ist[1]). Bei den in Nestern und unterirdischen Gängen lebenden Schädlingen (Ameisen, Termiten, Wespen, Nagetiere) hat sich nach amerikanischen Versuchen das Einstreuen von Kalziumzyanid in die Nester bewährt.

Die Anwendung der Blausäure in Deutschland ist durch Verordnungen[2]) der Reichsregierung und ergänzende Erlasse der Einzelländer gesetzlich geregelt. Auf Grund der Verordnungen bedürfen Vergasungen mit Blausäure einer besonderen, von den zuständigen Landesregierungen zu erteilenden Genehmigung. Das Recht, Blausäure zur Schädlingsbekämpfung in Deutschland anzuwenden, haben neben den Forschungsinstituten, der Reichswehr und der Marine zur Zeit eine Reihe von Firmen, von denen die Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung m. b. H. in Frankfurt a. M. („Degesch") mit ihren Hauptvertretungen: Heerd-Lingler, Frankfurt a. M. für West- und Süddeutschland, Tesch und Stabenow, Hamburg 24, für Ostdeutschland und Georg Dreyer & Co., Frankfurt a. M., Generalvertretung für Abteilung Pflanzenschutz, die wichtigste ist. Die zur Durchführung der Vergasung von den Firmen beauftragten Sachverständigen müssen persönliche Zuverlässigkeit und eine praktische und theoretische Ausbildung aufweisen können und eine vor dem Kreisarzt abzulegende Prüfung über das Vertrautsein mit dem Verfahren bestanden haben. Der den Sachverständigen erteilte staatliche Befähigungsnachweis kann jederzeit widerrufen werden. Ein unbefugtes Ausüben des Blausäureverfahrens wird mit Gefängnis bis zu einem Jahr und Geldstrafe bis zu 10 000 Mark oder einer dieser beiden Strafen geahndet. Reine Blausäure darf nur in völlig geräumten Häusern, Zyklon unter gewissen Voraussetzungen auch in bewohnten Häusern angewandt werden. Jede Durchgasung muß der zuständigen Polizeibehörde gemeldet sein und ist von mindestens 2 ausgebildeten und geprüften Sachverständigen auszuführen. Als Sicherheitsmaßnahmen sind außer Gasmasken auch das Vorhandensein eines Sauerstoffwiederbelebungs-Gerätes und eines Verbandskastens bei jeder Durchgasung vorgeschrieben.

[1]) Vgl. Goffart, H.: Arbeiten a. d. Biol. Reichsanstalt, 15. Bd., 1927, Heft 2.

[2]) Verordnung über die Schädlingsbekämpfung mit hochgiftigen Stoffen vom 29. Januar 1919 (Reichsanzeiger 1919, Nr. 34); Bekanntmachung zur Verordnung über die Schädlingsbekämpfung mit hochgiftigen Stoffen vom 17. Juli 1922 (Reichsgesetzblatt 1922, S. 630).

Die Hauptanwendung hat die Blausäure in Deutschland zur Bekämpfung von Hausungeziefer und Vorratsschädlingen bei Durchgasungen von Häusern, Speichern, Mühlen, Schuppen, Kasernen, Museen usw. gefunden. Ihre bisher sehr beschränkte Anwendung im Pflanzenschutz ist dadurch zu erklären, daß einmal eine Zeltvergasung durch die hohe und wechselnde Wuchsform unserer Obstbäume so erschwert wird, daß die Bekämpfung der Schädlinge einfacher mit anderen Mitteln durchzuführen war, daß weiterhin viele unserer Bäume und Sträucher sehr blausäureempfindlich sind, und daß endlich der allgemeinen Einführung der Gewächshausdurchgasung die Gefährlichkeit der bisher geübten alten Blausäureverfahren (Bottich- und Generatorverfahren) hemmend im Wege stand. Die Verwendung des Blausäureverfahrens als Maßstab für die Höhe der Entwicklung der Schädlingsbekämpfung in den einzelnen Ländern zu benutzen, ein Vergleich, der insbesondere für den Pflanzenschutz oft aufgestellt wurde, ist falsch. Die in den Zitrus- und Orangenkulturen Kaliforniens, Spaniens und anderer südlicher Länder auftretenden Schildläuse, die für eine Blausäuredurchgasung in erster Linie in Betracht kommen, sind mit anderen Mitteln nicht durchgreifend zu bekämpfen; sie stellen aber eine derartige Gefahr für die dortigen Kulturen dar, daß die Verwendung der Blausäure ein unbedingtes dringendes Bedürfnis zur Erhaltung der betreffenden Kulturen wurde. Für den deutschen Obstbau besteht ein derartiges Bedürfnis nicht, da keinem unserer Schädlinge an Pflanzen, die eine Blausäuredurchgasung in gleichem Maße wie die Zitrusbäume vertragen, eine solche Bedeutung zukommt. Die Gewächshausdurchgasung ist bisher in Deutschland mit gutem Erfolge meist als „Nikotinräucherung" durchgeführt worden. Sollte sich hier das Kalziumzyanidverfahren einwandfrei bewähren, so wird Kalziumzyanid auch in Deutschland in gleicher Weise zur Gewächshausdurchgasung Verwendung finden, wie in Amerika. Auf Grund der verhältnismäßig gefahrlosen Durchführung des Kalziumzyanidverfahrens wäre es wünschenswert, wenn gewisse Erleichterungen der gesetzlichen Bestimmungen für die Anwendung des Kalziumzyanids gewährt würden. In der Ungeziefer- und Vorratsschädlingsbekämpfung sind wir durch das Zyklonverfahren so weit, daß ein Vergleich mit der Schädlingsbekämpfung anderer Länder nicht zu unserem Nachteil ausfallen kann.

Chlorpikrin

Chlorpikrin, CCl_3NO_2, ist eine farblose, leicht bewegliche, nicht brennbare und nicht explosive Flüssigkeit, die bei 112—113° siedet, aber schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr flüchtig ist und ein die Augen und Schleimhäute äußerst heftig reizendes Gas entwickelt. In gasförmigem

Zustand wurde Chlorpikrin im Weltkriege als Kampfgas[1]) benutzt; es hat nach dem Kriege hauptsächlich zur Bekämpfung von Ungeziefer und Vorratsschädlingen und versuchsweise auch im Pflanzenschutz Verwendung gefunden. Die Flüssigkeit wird in dem zu vergasenden Raum ausgesprengt, mit einer Spritze fein verteilt oder verdampft. Bei der Durchführung der Vergasung müssen dichtschließende, auch die Augen schützende Gasmasken getragen werden.

Als Vorteile hat Chlorpikrin aufzuweisen, daß es auch als Gas nicht brennbar und nicht explosiv ist, Pelzwaren, Gewebe und Farben nicht angreift, Metalle bei Abwesenheit von Wasserdampf nicht schädigt und die Backfähigkeit des Getreides und des Mehles nicht beeinträchtigt. Wegen seines stark Husten und Tränen erregenden Reizes ist Chlorpikrin ein für den Menschen wenig gefährliches Vergasungsmittel und wird daher der geruchlosen Blausäure in Frankreich vorgezogen. Als Nachteile besitzt Chlorpikrin gegenüber der Blausäure eine geringere Giftwirkung auf die Schädlinge, die Möglichkeit der Keimschädigung für zahlreiche Sämereien und die Unbrauchbarkeit zur Behandlung lebender Pflanzen.

Die zur Vergasung benötigte Menge richtet sich nach der Empfindlichkeit der Schädlinge, sie beträgt im allgemeinen 20—30 g je cbm bei 24—48stündiger Einwirkung. Die Wirksamkeit ist bei höheren Temperaturen stärker, bei niederen Temperaturen unter 10° C ist daher eine längere Behandlungsdauer zu wählen.

Anwendung hat Chlorpikrin gefunden zur Bekämpfung von Ratten und Mäusen in Schiffen und Häusern, von Läusen und Flöhen in Wohnräumen, Desinfektions- und Entlausungsanstalten. In Speichern und Lagerhäusern ist die Bekämpfung zahlreicher Vorratsschädlinge möglich, insbesondere wird Chlorpikrin von J. Wille[2]) zur Bekämpfung des sehr blausäurewiderstandsfähigen Kornkäfers für geeignet gehalten. Auch zur Desinfektion von Saatgut wird Chlorpikrin verwandt; so wird im großen das von Nordamerika für Französisch-Afrika bestimmte Baumwollsaatgut mit Chlorpikrin durchgast, wobei in der Regel die Säcke mit dichtem Zelltuch bedeckt und mit 18 ccm Chlorpikrin je Sack 20 Stunden lang behandelt werden. Während Baumwollsamen ebenso wie Leguminosensaatgut in der Keimfähigkeit nicht leidet, soll Saatgut von Getreide, Hanf und Futterrüben leicht geschädigt werden.

---

[1]) Vgl. Meyer, J.: Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, „Chemie und Technik der Gegenwart", 1926, Bd. 4, 2. Aufl., S. 389.

[2]) Wille, Joh.: Dtsch. Landw. Presse, 47. Jahrg., 1920, S. 564 und Zeitschrift für angew. Entomol., Bd. 7, S. 296.

In Frankreich ist Chlorpikrin auch zur Bekämpfung von Bodenschädlingen benutzt worden. Die im Boden befindlichen Koloradokäfer und ihre Puppen konnten durch Eingießen von Chlorpikrin in Löcher des Erdbodens bei einer Verwendung von 750—1000 Liter je ha wirksam bekämpft werden, doch erwies sich Chlorpikrin im Boden als nicht so durchgreifend wirksam wie Schwefelkohlenstoff. Die Wirkung des Chlorpikrins gegen Engerlinge, Drahtwürmer und Erdraupen hat man durch gleichzeitige Verwendung von Sprengkapseln (vgl. S. 332) zu steigern versucht, indem das in Reagenzgläser eingefüllte Chlorpikrin mit Sprengkapseln zusammengekoppelt und die Sprengkapsel im Boden zur Explosion gebracht wurde; eine ausreichende Wirkung auf die Schädlinge konnte dabei nicht erzielt werden[1]). Noch weniger eignet sich Chlorpikrin zur Bekämpfung von Freilandinsekten oder zur Gewächshausdurchgasung, da im Freiland eine zur Abtötung der Tiere ausreichende Konzentration des Gases nicht gehalten werden kann und die Empfindlichkeit der Pflanzen eine Gewächshausdurchgasung mit Chlorpikrin nicht zuläßt.

Im Anschluß an Chlorpikrin sei noch Chlor erwähnt, dem als Kampfgas im Weltkrieg eine große Bedeutung zukam[2]). In der Schädlingsbekämpfung hat es im Blasverfahren nach Lebedev[3]) und Saldan[4]) zur Heuschreckenbekämpfung in Rußland Verwendung gefunden. Die im Kuban-Distrikt durchgeführten Versuche zeigten, daß die Anwendung des Chlorgases besonders in sumpfigem Gelände und in dichten Schilf- und Rohrwiesen angebracht ist, wo Arsenköder und Arsenspritzmittel nicht angewandt werden können. Zur Vergasung wurde in Stahlzylindern komprimiertes Chlor benutzt. Die besten Erfolge erzielte man, wenn man das Gas von einer Reihe von Einzelzylindern abbläst, der eine zweite Reihe unmittelbar folgt, so daß die Gaswolke längere Zeit ununterbrochen ist. Die Dauer der ganzen Vergasung betrug 7 Minuten.

Paradichlorbenzol

Paradichlorbenzol, $C_6H_4Cl_2$, ist ein weißes, kristallinisches Pulver, das in Wasser unlöslich und bei gewöhnlicher Temperatur leicht flüchtig ist. Das entwickelte Gas ist schwerer als Luft und zeigt für Insekten bei

---

[1]) Dingler, M.: Zeitschrift für angew. Entomol., 1922, Bd. 8, S. 421.

[2]) Meyer, J.: Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, „Chemie und Technik der Gegenwart", 1926, Bd. 4, 2. Aufl., S. 328.

[3]) Lebedev: Sitzungsbericht des 3. Allruss. Entomo-Phytopath. Kongress in Petersburg, Dezember, 1921, Petersburg 1922, S. 1—8.

[4]) Saldan, P. J.: ebendort S. 9—25.

ausreichend langer Einwirkungsdauer eine gewisse Giftigkeit, während es für Menschen und Haustiere bei der gebräuchlichen Anwendung ungefährlich ist.

Verwendung hat Paradichlorbenzol im Pflanzenschutz in erster Linie zur Bekämpfung des in Amerika sehr schädlichen Pfirsichbohrers (peachtree borer, Sanninoidea exitiosa) gefunden. Es kommt zu diesem Zweck in verschiedenen Handelsmarken auf den Markt, die als „para-dichlorbenzene", „para-dichlorbenzol", „Paracide", „Krystal Gas", „P. D. B.", „paradichlor" oder „p. c. benzene" bezeichnet werden. Paradichlorbenzol ist nach A. Petersen[1]) zweckmäßig nur in reiner Form und in einem Feinheitsgrad zu verwenden, daß die Kristalle durch ein Sieb von 2,5 mm Maschenweite hindurchgehen.

Zur Abtötung der in den Wurzeln der Pfirsichbäume lebenden Larven des Pfirsichbohrers wird der Wurzelhals der Bäume im Umkreis von 15—30 cm freigelegt und gesäubert und Paradichlorbenzol in einer Entfernung von 5 cm vom Stamm ringförmig ausgestreut. Bei einer zu nahen Lagerung des Mittels am Stamm treten Schädigungen, bei jüngeren Bäumen sogar ein Absterben der Bäume ein; bei einer zu weiten Lagerung vom Stamm ist die Wirkung ungenügend. Das Mittel wird mit 4—6 Schaufeln Erde bedeckt, die am Stamm anzuhäufeln, anzuklopfen und zu glätten ist. Da das Gas schwerer als Luft ist, darf Paradichlorbenzol nicht zu tief in den Boden gebracht werden. Bei hochliegenden Bohrgängen im Stamm ist die Erde so hoch am Stamm aufzuschichten, daß die Bohrgänge mit Erde bedeckt sind.

Die zur Verwendung kommende Menge des Paradichlorbenzols beträgt bei Pfirsichbäumen von 3—5 Jahren 14 g, bei Bäumen von 6 bis 12 Jahren 21—28 g, bei Bäumen über 12 Jahren 55 g bei 12—21° C und einer 4—6wöchentlichen Einwirkungszeit. Bäume unter 3 Jahren, bei denen nur eine Menge von 7—10 g zu verwenden ist, werden vielfach wegen der Schädigung von der Behandlung ausgeschlossen. Bei Bäumen bis zu 5 Jahren wird das Paradichlorbenzol nach der Abtötung der Larven entfernt, bei älteren Bäumen ist eine Entfernung unnötig. Höhere Temperaturen (Juni bis August) begünstigen die Vergasung und führen daher leicht zu Schädigungen der Bäume; tiefere Temperaturen (Dezember) geben keine günstigen Ergebnisse bezüglich der Wirkung auf die Schädlinge. Als beste Anwendungszeit ist der Herbst (Oktober) zu wählen, da zu dieser Zeit die aus den Eiern nah am Stamm ausschlüpfenden Larven die Wurzeln befallen und die Temperatur eine günstige Verdampfung des Mittels gewährleistet. Während nach Ver-

[1]) Peterson, A.: New Jersey Agric. Exp. Stat., Circ. 156, 1923.

suchen von Snapp und Alden[1]) eine Frühjahrsbehandlung nur 72,4 Proz. Sterblichkeit brachte, konnten bei der Oktoberbehandlung 95—100 Proz. der Tiere abgetötet werden.

Paradichlorbenzol wurde vom Federal Bureau of Entomology zum erstenmal 1916 in Amerika gegen Pfirsichbohrer angewandt und hat dort rasche Verbreitung gefunden. Nach Chandler[2]) wurden in Illinois in wenigen Jahren 2 Millionen Pfirsichbäume behandelt, nach Snapp[3]) kamen im Jahre 1923 im Staate Georgia 500 000 pds Paradichlorbenzol gegen den Pfirsichbohrer zur Verwendung. Auch gegen andere wurzelbohrende Insektenlarven wurde Paradichlorbenzol versuchsweise benutzt, doch war die Empfindlichkeit vieler Bäume (z. B. des Apfelbaumes) oft so groß, daß die zur Abtötung der Larven ausreichenden Mengen des Mittels von den Bäumen nicht vertragen wurden.

Nach Marchal und Vayssière (s. o.) ist Paradichlorbenzol trotz seiner langsamen Gasentwicklung versuchsweise auch zur Desinfektion von Getreidesaatgut mit Erfolg und ohne Schädigung der Keimfähigkeit angewandt worden, doch kommt dem Mittel zur Saatgutdesinfektion keine Bedeutung zu, da im Schwefelkohlenstoff und in der Blausäure besser und schneller wirkende Mittel zur Verfügung stehen.

In Deutschland ist Paradichlorbenzol unter dem Namen „Globol" von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Abteilung für Schädlingsbekämpfung, Berlin SO 36, in den Handel gebracht und wird zur Bekämpfung der Kleidermotten (reichlich zwischen die zu schützenden Kleider streuen oder in Beutelchen im Kleiderschrank aufhängen) und zusammen mit Tetrachlorkohlenstoff zur Bekämpfung von holzbohrenden Käfern (Holzwurm) verwandt (vgl. S. 340 u. 376).

Teeröle

Zur Bekämpfung schädlicher, im Boden vorkommender Insekten haben sich gewisse Steinkohlenteeröle als wirksame Mittel erwiesen[4]). Die Öle wirken als Atemgifte, es kommen zur Bekämpfung daher nur niedrig siedende, schon bei den gewöhnlichen Bodentemperaturen stark verdampfende Steinkohlendestillationsprodukte, wie Neutralöle (Siedetemperatur 120—200°) und Benzole (Benzolvorlauf, Rohbenzol, Schwer-

---

[1]) Snapp und Alden: U. S. Dep. of Agric., Bull. 1169, 1923.

[2]) Chandler, Journal of econom. Entomol., 1924, Vol. 17, S. 246.

[3]) Snapp: Journal of econom. Entomol., 1924, Vol. 17, S. 253.

[4]) Trappmann, W.: Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst, 3. Jahrg., 1924, S. 56; Hilgendorff, G., und Trappmann, W.: ebenda, 5. Jahrg., 1925, S. 26 und 28; dieselben: ebenda, 6. Jahrg., 1926, S. 59.

benzol; Siedetemperatur 60—140°) in Betracht. Bei Verwendung ausreichender Mengen (4 Liter je qm) zeigen die Öle gegen Bodenschädlinge (Engerlinge) noch bis zu Tiefen von 50—60 cm eine gute Wirksamkeit. Eine für die Bekämpfung ausreichende Ätzwirkung kommt den Teerölen wegen ihres geringen Eindringungsvermögens in den Boden nicht zu. Mittelöle (Siedetemperatur 180—200°), Schweröle (210—330°) und Anthrazenöle (225—360°) sind bei den gewöhnlichen Bodentemperaturen zu wenig flüchtig, um als wirksame Vergasungsmittel in Frage zu kommen; auch Petroleum und Ammoniakwasser und sonstige Steinkohlendestillationsprodukte haben sich als unwirksam erwiesen. Zur Verbilligung und Rationierung der zum Teil nur in beschränkten Mengen zur Verfügung stehenden Öle ist eine Streckung der Öle mit Wasser und geeigneten Emulgierungsmitteln versucht worden, doch zeigen wäßrige Teerölemulsionen ein schlechtes Eindringungsvermögen in den Boden, baldige Entmischung und geringe Wirkung auf die im Boden befindlichen Schädlinge.

Da die Wirkung der Teeröle auf das Pflanzenwachstum vernichtend ist, kommen die Öle nur unter besonderen Verhältnissen zur Anwendung. Sie haben in erster Linie zur Vernichtung eingeschleppter Schädlinge im Radikalverfahren Verwendung gefunden, wo es gilt, möglichst jedes Einzeltier durch ein rücksichtsloses Vernichten der befallenen Pflanzen und durch eine gründliche Bodendesinfektion abzutöten und eine Ausbreitung und Einbürgerung des Schädlings um jeden Preis zu verhindern. So konnte 1914 der von Amerika nach Deutschland eingeschleppte und in Kartoffelfeldern bei Stade auftretende Kartoffel- oder Koloradokäfer (Leptinotarsa dezemlineata) durch das Radikalverfahren restlos beseitigt werden. Nach Absuchen und Vernichten der an den Pflanzen sitzenden Käfer und Larven wurden die Kartoffelstauden ausgerissen und in einer tiefen Grube schichtweise mit Benzol übergossen. Die im Boden befindlichen Käfer und Puppen konnten durch Übergießen von Rohbenzol über die befallenen Flächen (4—5 Liter je qm) restlos abgetötet werden. — Die im Weltkriege erfolgte Einschleppung des Koloradokäfers in Frankreich hat, da die Einschleppung zu spät entdeckt wurde, zu einer dauernden Einbürgerung des Schädlings in Südfrankreich geführt. Durch diese Festsetzung des Koloradokäfers in Europa ist die Möglichkeit der Neueinschleppung des Schädlings nach Deutschland stark gewachsen. Das Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft hat daher Grundsätze für die Bekämpfung des Koloradokäfers aufgestellt und bekanntgegeben[1]), in denen wiederum als erstes Bekämp-

[1]) Veröffentlicht im Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 4. Jahrg., 1924, S. 68.

fungsziel die restlose Vernichtung jedes auftretenden Infektionsherdes im Radikalverfahren unter Verwendung von Neutralölen und Benzol angegeben ist. Auch in Frankreich sind von Feytaud[1]) zur Bekämpfung des Koloradokäfers mit Erfolg Benzin und Benzol angewandt worden, doch kommt das nur für kleine Flächen geeignete Radikalverfahren für Frankreich nicht mehr in Frage, da der Schädling schon eine zu weite Verbreitung gefunden hat und im Radikalverfahren nicht mehr zu vernichten ist.

Die Ausbreitungsfähigkeit und Tiefenwirkung der Teeröle im Boden ist geringer als die des Schwefelkohlenstoffs, dagegen enthalten die Teeröle schwerflüchtige Stoffe, die im Frühjahr das Aufsteigen der Käfer an die Erdoberfläche verhindern. Die Verwendung von Neutralöl in einer Menge von vier Litern je qm übt auf die Bodenfruchtbarkeit und auf das Pflanzenwachstum keinen solchen Einfluß aus, daß die Flächen längere Zeit brachliegen müssen. Bei einem in der Biologischen Reichsanstalt durchgeführten Versuch konnten nach der Anfang Juli stattgefundenen Behandlung am 31. Oktober desselben Jahres schon wieder Roggen und im nachfolgenden Frühjahr Gerste, Hafer, Lupinen, Kartoffeln und Rüben angebaut werden. Bei Gerste, Lupinen und Rüben war der Ernteertrag der behandelten Parzellen nur unbedeutend geringer, als auf den unbehandelten Flächen, während bei Roggen, Hafer und Kartoffeln auf der behandelten Fläche sogar eine Steigerung der Erträge beobachtet wurde [2]).

Von Steinkohlenteerprodukten haben zur Desinfektion von Gewächshauserde (Bekämpfung von Nematoden und Bodenpilzen) u. a. noch Phenol (1000 Teile Erde mit 2,5 Teilen Phenol gemischt) und 2,5proz. Kresollösung (20 Liter je qm) versuchsweise Anwendung gefunden. Kresolseifenlösungen haben sich ferner in Gewächshäusern zum Bekämpfen der Spinnmilben und der Anthraknose der Gurken als brauchbar erwiesen [3]).

Nikotin und Pyrethrum

Als Vergasungsmittel in Gewächshäusern wird zur Bekämpfung tierischer Pflanzenschädlinge (Blattläuse, Aleurodiden, Thrips, Spinnmilben) mit Vorliebe Nikotin (s. S. 185) gebraucht, da die „Nikotinräucherung" in einfachster Form und ohne Gefährdung der menschlichen

---

[1]) Feytaud: Annales des Epiphyties, 9. Jahrg., 1923, Nr. 4.

[2]) Vgl. Schneider, G., und Siegwardt, W.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 7. Jahrg., 1927, S. 4.

[3]) Vgl. Riehm, E.: Mitteilungen a. d. Biol. Reichsanstalt, 1923, Heft 24, S. 30.

Gesundheit durchgeführt werden kann. Zur Vergasung wird entweder Tabakpulver (2 g je cbm) auf einem mit Petroleum angefeuchteten und auf einem Drahtnetz liegenden Papier ausgestreut und angezündet oder auf einer Eisenplatte durch untergestellte Flamme verbrannt oder Tabakextrakt (5 ccm eines 3proz. Tabakextraktes oder 0,1 g Nikotin pur. je cbm) auf heißer Eisenplatte oder in Schalen durch unterstehende Spiritusflamme oder eingelegten, rotglühenden, eisernen Bolzen verdampft. Da Nikotin im Extrakt an Apfelsäure gebunden ist, empfiehlt es sich, 2 g Soda auf 1 g Nikotin zur Bindung der Apfelsäure zuzusetzen. Zur Vergasung sind auch besondere Apparate verwandt worden, die außerhalb des Gewächshauses unter Benutzung eines Blasebalges auf glühender Kohle Tabak verbrennen und den Tabakrauch durch Rohre ins Gewächshaus leiten. Das Auslegen von feuchten Tabakblättern auf die Heizrohre des Gewächshauses wird von vielen Praktikern angewandt und soll gute Ergebnisse liefern, da mit dem verdampfenden Wasser auch genügend Nikotin frei wird. Auch fertige Nikotinpräparate, die mit Kalisalpeter, Nikotin und etwas Nitrobenzol getränkte Papierwürfel darstellen oder als Räucherkerzen (Parasitolräucherkerzen der Firma Schacht, Braunschweig), als Nikotintabletten (Exodintabletten der Chemischen Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin N 39) oder als nikotinhaltige Flüssigkeiten in Ampullen (Fumicid der Firma Schacht, Braunschweig) im Handel sich befinden, sind unter Verwendung einfacher Räucherlampen (Pflanzenwohl-Räucherlampe von Beyrodt, Berlin-Marienfelde und Exodin-Räucherlampe) zur leichten Durchführung der Nikotinvergasung geeignet. Bei der Durchführung der Vergasung ist eine zu starke, die Nikotindämpfe entzündende Hitze zu vermeiden. Im allgemeinen sind die Pflanzen gegen Nikotindämpfe wenig empfindlich; Schädigungen sind jedoch an Orchideen, vielen Farnen und Gesneriazeen beobachtet worden. Außer Nikotin wird auch Pyrethrum (s. S. 189) zur Gewächshausdurchgasung benutzt, wobei 2—4 g Pyrethrumpulver je cbm Luftraum auf Eisenblech oder glühender Holzkohle verbrannt werden.

Zur Schädlingsbekämpfung im Freiland ist eine Nikotinräucherung wiederholt versucht worden, ohne jedoch durchgreifende Erfolge zu geben. Zur Psyllabekämpfung hat man gelegentlich in Amerika bei günstiger Witterung Tabakabfälle (40 kg je a) in zahlreichen kleinen Feuern zwischen den Obstbäumen verbrannt. Weiter hat Nikotin im Freien im sog. Schwelverfahren versuchsweise Anwendung gefunden. Das Schwelverfahren lehnt sich an das im Weltkriege verwandte Blasverfahren an, indem es giftige Gase entwickelt und unter günstigen Windverhältnissen die Gase in die bedrohten Kulturen eintreiben läßt. Zur Durchführung des

Verfahrens dienen eiserne Behälter (Schweltöpfe), in denen zu unterst der sog. „Brennkörper" liegt, der, durch Zünder entzündet, langsam abbrennt. Über dem Brennkörper befindet sich der sog. „Schwelkörper", eine bestimmte poröse Masse (Kieselgur, Bimsstein usw.), die den Giftstoff in flüssiger Form aufsaugt und ihn durch die beim Abbrennen des Brennkörpers entstehende Hitze in Gasform wieder abgibt. Wichtig für das Schwelverfahren ist es, daß die Gaswolke längere Zeit in den bedrohten Kulturen steht. Es werden daher dem Schwelkörper Stoffe zugesetzt, die gleichzeitig mit dem Giftstoff verdampfen und infolge ihrer Schwere ein schnelles Aufsteigen oder plötzliches Zu-Boden-Sinken der Gaswolke verhindern. Weitere Hilfsstoffe können dem Schwelkörper zugesetzt werden, um durch Färbung der Gaswolke eine leichtere Orientierung über Stand und Ausdehnung der Gaswolke zu ermöglichen. Wind und starke Sonnenbestrahlung sind zu vermeiden, das Verfahren ist daher nach Möglichkeit an windstillen Abenden vorzunehmen. Über das Schwelverfahren, das in Deutschland zuerst von der Firma Hugo Stoltzenberg in Hamburg bei der Bekämpfung forstlicher Schädlinge zur Anwendung kam, liegen noch zu wenig praktische Erfahrungen und genaue Berichte vor, so daß ein Werturteil über seine Brauchbarkeit noch nicht abgegeben werden kann.

Formaldehyd

Formaldehyd, HCOH, der in 40proz. wäßriger Lösung oft unter verschiedenen Namen (Formol, Formalin) im Handel ist, kommt nur als Gas zur Wirkung. Seine Anwendungsweise ist die denkbar einfachste, da die als Gießmittel oder Tauchmittel benutzten Formaldehydlösungen durch Verdunsten Formaldehyd freigeben. Formaldehyd zeigt im Gegensatz zu anderen Vergasungsmitteln eine starke Giftwirkung auf Pilze, während seine Wirkung auf tierische Schädlinge äußerst gering ist. Seine Hauptbedeutung hat Formaldehyd als Bodendesinfektions- und Saatbeizmittel gefunden (vgl. S. 298 und S. 308).

Zur Bekämpfung der in Saat- und Anzuchtbeeten verheerend auftretenden Vermehrungspilze (Pythium, Olpidium, Moniliopsis) und der Erreger verschiedener Keimlingskrankheiten (z. B. des Tabaks, der Gurken und Nelken) wird eine 1proz. Formaldehydlösung als Gießmittel in einer Menge von 5 Litern je qm verwandt[1]). Auch gegen den Erreger der Kohlhernie soll Formaldehyd in dieser Anwendungsform in gewissem Grade wirksam sein. Die behandelten Flächen werden zur Steigerung der Wirkung einige Tage lang mit dicker Pappe, Ölpapier oder

[1]) Vgl. Flugblatt 59 und 74 der Biologischen Reichsanstalt.

Brettern bedeckt und erst neu bepflanzt, wenn auch in tieferen Erdschichten kein Formaldehydgeruch mehr feststellbar ist (vgl. S. 298). Zur Nematodenbekämpfung in Gewächshauserde wird empfohlen, 1000 Teile Erde mit einem Teil 40proz. Formaldehyd gut zu mischen, einige Tage bedeckt liegen zu lassen, dann auseinanderzuwerfen und nach dem Verdunsten des Formaldehyds wieder zu bepflanzen.

Die Verwendung des Formaldehyds als Saatbeizmittel ist schon auf S. 308 berücksichtigt worden. Als Ergänzung sei noch erwähnt, daß Zuckerrübensamen, der nach längerer Lagerung wahrscheinlich durch Mikroorganismen seine Keimfähigkeit teilweise eingebüßt hat, durch Formaldehyddämpfe wieder gut keimfähig wird. K. Rumbold[1]) baute einen dicht schließenden Apparat, in welchem heißer Wasserdampf über eine Formaldehydlösung streicht, sich mit Formaldehyd sättigt und 20 Minuten lang bei 60° C auf Rübenknäuel einwirkt. Nach der Behandlung wird der Samen 15—30 Minuten lang bei einer Temperatur nicht unter 18° C getrocknet. — In Südafrika ist Formaldehyd zur Desinfektion der eingeführten Kartoffeln jahrelang verwandt worden, in Colombo (Ceylon) wird er zur Desinfektion des aus Indien eingeführten Saatgutes des Teestrauches benutzt, wobei eine schnelle Gasentwicklung durch Zugabe von Kaliumpermanganat zum Formaldehyd erreicht wird.

Gegen Fliegen in Ställen und Stechmücken in Kellern kann eine „Formaldehyd-Räucherung" gute Dienste leisten. In einem dichtverschlossenen, 50 cbm großen Raum werden nach Verdampfen von einem Liter Wasser 350 g des käuflichen 40proz. Formaldehyds verdampft. Nach acht- bis zehnstündiger Einwirkungszeit wird der Raum gut gelüftet. Eine Bindung und Desodorierung des Formaldehyds kann durch Verdampfen von 500 g einer 25proz. Salmiaklösung durchgeführt werden.

Sonstige Vergasungsmittel

Als Vergasungsmittel haben noch Kohlenoxyd CO und Kohlendioxyd CO_2 eine gewisse Bedeutung erlangt. Kohlendioxyd ist seit dem Jahre 1838 vielfach zur Getreidesaatgut-Desinfektion verwandt worden. Es wurde im Anfang durch Verbrennen von Holzkohle gewonnen, später wurde flüssige, in Stahlflaschen befindliche Kohlensäure zur Vergasung benutzt. Dem Verfahren kommt keine Bedeutung zu, da wir in der Blausäurevergasung ein besserwirkendes Verfahren zur Hand haben. — Die

[1]) Rumbold, K.: Zeitschrift des Vereins der deutschen Zuckerindustrie, 813, Lieferung, 1924, S. 307; vgl. auch Biedermann's Zentralblatt, 54. Jahrg., 1925, S. 320.

zur Vergasung von Mäuse- und Rattenbauen im Freiland benutzten Räucherpatronen entwickeln neben anderen Stoffen auch oft Kohlenoxyd und Kohlendioxyd (vgl. Horapatrone S. 328).

Zur Bekämpfung tierischer Bodenschädlinge hat Azetylen C_2H_2 versuchsweise Anwendung gefunden. Als Ausgangspunkt diente Kalziumkarbid, das entweder ausgestreut, leicht eingehackt und dann mit Wasser übersprengt oder in Erdlöcher eingefüllt wurde. Neben vielen Fehlergebnissen bei einer Verwendung von Azetylen gegen Nagetiere, Reblaus, Blutlaus usw. wurden jedoch auch in einigen Versuchen ausreichende Ergebnisse erhalten, die eine Anwendung von Kalziumkarbid auf kleinen Parzellen gegen Feldratten als möglich erscheinen lassen. Auch J. Feytaud (s. o.) konnte bei Koloradokäfer-Bekämpfungsversuchen eine gute Wirkung des Azetylens bei einer Verwendung von 2500—5000 kg Kalziumkarbid je ha auf Bodentiere beobachten. Für Großbetriebe ist das Mittel zu teuer, auf kleinen Flächen wird es den besserwirkenden Schwefelkohlenstoff nicht verdrängen können.

Im Vorratsschutz sind zur Bekämpfung der Kleider- und Pelzmotten Naphthalin $C_{10}H_8$ als „Naphthalin- oder Mottenkugeln" und Hexachloraethan C_2Cl_6 als „Mottenhexe" (Hersteller: Deutscher Desinfektionsdienst, Berlin-Lichterfelde, Gélieustr. 2) viel zur Verwendung gekommen. Die Wirkung der Mittel ist in erster Linie eine vorbeugende. Hexachloraethan zeigt eine bessere Wirkung als Naphthalin und wird zweckmäßig zwischen die Kleider und Pelze gestreut oder in kleinen Beuteln in den Kleiderschränken aufgehängt (vgl. S. 370). Zur Bekämpfung von Bodenschädlingen hat sich Naphthalin als unbrauchbar erwiesen.

11. Vernebelungsmittel

Als „Vernebelungsmittel" können diejenigen chemischen Pflanzenschutzmittel bezeichnet werden, die in feinster, oft an die Grenzen kolloidaler Größenverhältnisse reichender, „nebelförmiger" Verteilung zur Anwendung gelangen. Die Vernebelungsmittel sind keine Atemgifte, die Vernebelung soll nur eine äußerst feine Verteilung der fungiziden oder insektiziden oder zur Frostabwehr dienenden Mittel ermöglichen. Zur Zeit sind die Vernebelungsmittel noch im ersten Versuchsstadium; dem Vernebelungsverfahren kann jedoch bei weiterem Ausbau immerhin eine gewisse Bedeutung zukommen, es seien daher die Schwefelvernebelung mit Hilfe des Rota-Generators, die Arsenvernebelung mittels Arsenbomben und Räucherkerzen und die zur Frostabwehr benutzten Rauchfeuer als wichtigste Anfänge angeführt.

Die Schwefelvernebelung mit Hilfe des Rota-Generatorverfahrens erstrebt eine möglichst feine Verteilung des Schwefels zur Bekämpfung von Mehltaupilzen und Spinnmilben. Bei dem Rota-Generatorverfahren wird Schwefel bei 450° C verdampft und durch Kohlendioxyd oder Wasserdampf ausgetrieben. In der entstehenden Wolke verdichtet sich der Schwefeldampf zu nebelförmig verteilten amorphen Schwefelteilchen, die sich als feine Tröpfchen auf den Pflanzen niederschlagen. Bei dem von G. Rupprecht[1]) zur Durchführung des Verfahrens gebauten Apparat, dem sog. „Rota-Generator", wurde durch eine Spiritusflamme in einem Kessel Schwefel und in einem mit Sicherheit- und Überdruckventil versehenen Mantelbehälter gleichzeitig Wasser verdampft und in einem Rohrschlangensystem der Wasserdampf überhitzt. Nach Öffnen des Ausführungsrohres riß der starke Wasserdampfstrahl den Schwefeldampf mit hinaus. Mit dem Apparat konnte eine überaus feine Verteilung des Schwefels erreicht werden (Größe der Schwefeltröpfchen durchschnittlich 0,002 mm), und außerdem besaß der in amorphem Zustand auf den Blättern niedergeschlagene Schwefel eine sehr gute Regenbeständigkeit. Technisch zeigte der Apparat jedoch große Mängel, da der Dampfraum die ein längeres Arbeiten ermöglichende Menge überhitzten Wasserdampfes nicht liefern konnte, die von ihm erzeugte Schwefel-Wasserdampfwolke auch durch leichte Luftbewegungen zu stark beeinflußt wurde und die auf den Pflanzen abgelagerte Schwefelmenge zur Bekämpfung des Rebenmehltaues nicht ausreichte[2]). Der Apparat hat in Campbells Patent Sulphur Vaporiser[3]) einen Vorläufer gehabt, der sich zum Schwefeln von Gewächshäusern in England bewährt haben soll.

Die Arsenvernebelung wurde versuchsweise in dichten, hohen Waldbeständen vorgenommen, in denen die Benutzung von Verstäubeapparaten erschwert und ein Verstäuben des Arsenpulvers durch Flugzeuge wirtschaftlich nicht durchführbar ist. Zur Arsenvernebelung wurden sog. „Arsenbomben" verwandt, bei denen durch leicht brennbare Aluminium-Magnesiumgemische Arsenmittel in feinster, nebelartiger Form verteilt werden. Der leichte Nebel stieg bis in die Baumkronen auf und schlug sich auf den Blättern als feiner Arsenbelag nieder. Die abgesetzten Arsenmengen waren vielfach bei den Versuchen zur Abtötung

---

[1]) Rupprecht, G.: Angew. Botanik, 1921, Bd. 3, S. 253.

[2]) Vgl. Sitzungsbericht: Der Deutsche Weinbau, 1. Jahrg., 1922, Nr. 50 u. 51.

[3]) Vgl. Lüstner: Wein und Rebe, 4. Jahrg., 1923, S. 448 und Vogt, E.: Angew. Botanik, 1924, Bd. 6, S. 279.

der Schädlinge zu gering[1]). — Weiter wurden auch Räucherkerzen[2]) zur Bekämpfung der Nonnenraupen benutzt, die beim Abbrennen weiße, arsen- oder phosphorhaltige Nebel entstehen ließen. Die Nebel hielten sich einige Zeit zwischen den Baumkronen in der Luft und schlugen sich dann als Arsentrioxyd od. dgl. auf den Nadeln nieder. Die mit Arsenräucherkerzen durchgeführten Versuche hatten nach Makrzecki die gänzliche Vernichtung der Nonnenraupen zur Folge. — Als letzte Form der Arsenvernebelung seien noch andere „Arsenbomben" erwähnt, bei denen eine zu unterst liegende Pulverladung durch Zündschnur in Brand gesetzt wird und dann als „Stoßladung" die überliegende Arsenstaubmenge in die Luft treibt. Diese letzte Form der Arsenvernebelung stellt jedoch schon den Übergang von den Vernebelungsmitteln zu den Verstäubungsmitteln (vgl. S. 252) dar.

Alle zur Arsenvernebelung dienenden Apparate sind bis jetzt noch sehr unvollkommen. Das Vernebelungsverfahren selbst dürfte für große Flächen zu teuer und im Vergleich zur Arsenverstäubung vom Flugzeug zu umständlich sein; für kleinere Waldbestände wird jedoch in vielen Fällen ein Motorverstäuber bessere Dienste leisten, da bei der Benutzung von Verlängerungsrohren eine sorgfältigere Behandlung einzelner Bäume und Baumgruppen möglich ist als mit dem stark vom Winde abhängigen Vernebelungsverfahren.

Die Tatsache, daß ein bedeckter Himmel die Ausstrahlung der Wärme in den Weltenraum verhindert und Frühjahrsfröste unmöglich macht, hat Anregung gegeben, in den von Frühjahrsfrösten besonders stark bedrohten Obst- und Weinanlagen durch Nebelentwicklung künstliche Wolken zu erzeugen[3]). Weiterhin soll der Schutz des Nebels darin bestehen, die Einwirkung der Sonnenstrahlen von den gefrorenen Gescheinen und Trieben fernzuhalten und so ein nur langsames Auftauen der gefrorenen Reben zu gestatten. Zur Nebelentwicklung können nasses Stroh, Unkraut, Kartoffellaub, Bohnenstroh, Laub oder Mist verwandt werden, die von Zeit zu Zeit mit Wasser zu übergießen sind; in größeren Anlagen benutzt man Teer, Rohpetroleum oder besondere Räuchermassen (z. B. der Firma Dr. Nördlinger, Flörsheim a. M.), die in Gruben oder besser in eisernen Pfannen (Eisenwerk Schenk, Darmstadt) verbrannt werden. Bewährt hat sich der Räucherapparat „Qualm" der Gebr. Waas in Geisenheim a. Rh. Inner-

[1]) Zacher, F.: Die Gartenwelt, 25. Jahrg., 1921, S. 84.

[2]) Makrzecki: Anzeiger für Schädlingskunde, 2. Jahrg., 1926, S. 90.

[3]) Lüstner, G., und Molz, E.: Schutz der Weinrebe gegen Frühjahrsfröste. Stuttgart 1909.

halb 4—5 Stunden werden nach A. Dümmler[1]) 15—20 kg Teer je Feuerstelle verbrannt, wobei die sich auf dem Teer bildenden Krusten ständig entfernt werden müssen (1 Mann für 10—15 Feuerstellen). Die Feuerstellen sind in Abständen von 10—20 m in Reihen anzulegen, während die einzelnen Reihen 200—400 m auseinander liegen. In Weinbaugebieten wird der Erfolg des Verfahrens nach A. Dümmler dadurch sichergestellt, daß ständig Posten die Temperaturen beobachten, bei Frostgefahr sich gegenseitig benachrichtigen und durch Alarme und Signale je nach der Windrichtung das Abbrennen der Feuerlinien regeln (vgl. S. 111).

12. Ködermittel

Als Ködermittel werden diejenigen chemischen Schädlingsbekämpfungsmittel bezeichnet, die in irgendeiner Form zur Anlockung tierischer Schädlinge dienen. In der Regel wird das Nahrungsbedürfnis der Schädlinge ausgenutzt; seltener veranlassen die chemischen Reizstoffe den Schädling zur Eiablage an bestimmten, die Vernichtung der Brut ermöglichenden Stätten. Die Nahrungsköder sind in den meisten Fällen Giftköder, d. h. sie vereinigen mit der Anlockung gleichzeitig die Vernichtung der Schädlinge.

a) Allgemeines über Giftköder

Die Giftköder bieten den Grundstoff (Giftstoff) zusammen mit einem Trägerstoff oder Streckmittel den Schädlingen dar. Je nach der Art des Trägerstoffes sind die Ködermittel Spritz-, Stäube-, Streu- oder Streichmittel. In den meisten Fällen, z. B. bei den Nagetierködern, ist der Trägerstoff auch zugleich Lockmittel (Köderstoff), indem die für den Schädling in Betracht kommende natürliche Nahrung oder bestimmte Leckerbissen als Streckmittel benutzt werden. In einzelnen Fällen jedoch ist der Trägerstoff ein indifferenter Körper (Wasser, Sägemehl), dem noch besondere Lockstoffe oder Ködermittel zugesetzt werden müssen (Honig, Melasse bei flüssigen Arsenködern; Amylazetat, Vanille, Orangenextrakt bei Heuschreckenködern). Außer Giftstoff, Trägerstoff und Köderstoff können noch besondere Hilfsstoffe notwendig sein, die eine bestimmte Haltbarkeit der Köder gewährleisten (z. B. Glyzerin bei flüssigen Arsenködern). — Streng genommen sind die als Magengifte wirkenden Spritz- und Stäubemittel, die als Giftbelag auf den Blättern der Nährpflanze den Schädlingen dargeboten werden, auch Ködermittel.

Ihrer Eigenart entsprechend kommen Ködermittel nur zur Bekämpfung tierischer Schädlinge in Betracht. Anwendung finden Giftköder

[1]) Dümmler, A.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 4. Jahrg., 1925, S. 69.

gegen Nagetiere in Haus und Feld, gegen Krähen und Feldschädlinge wie Heuschrecken, Tipulalarven, Drahtwürmer, Rübenaaskäfer, Rüberfliegen, Erdraupen, Maulwurfsgrillen und Schnecken, gegen Obstschädlinge wie Olivenfliege und Kirschfliege und gegen Hausschädlinge wie Küchenschaben, Hausgrillen, Fliegen und Ameisen.

Bei der Auswahl des Giftstoffes ist auf die Möglichkeit der Gefährdung des Menschen, der Haustiere oder anderer nützlicher Tiere (Wild, Bienen) Rücksicht zu nehmen. Im Hause, in Stallungen und in Lebensmittellagern sind hochgiftige Stoffe tunlichst zu vermeiden, da die ausgelegten Köder einerseits Kinder und Haustiere gefährden, andererseits häufig von den Schädlingen verschleppt und dabei leicht mit den für Mensch und Vieh bestimmten Nahrungsmitteln in Berührung gebracht werden.

Die Auswahl der Träger- und Köderstoffe richtet sich in erster Linie nach der Geschmacksausbildung und Geschmacksrichtung der Schädlinge; bei Anwendung größerer Ködermengen (Heuschrecken-, Tipulabekämpfung) hat auch die Frage der Preisgestaltung des Trägerstoffes häufig einen ausschlaggebenden Einfluß. Bei den Giftködern ist die Art des Köderstoffes oft bedeutungsvoller als die des Giftstoffes. Für die Nagetierbekämpfung ist die Wahl der Lockspeisen besonders wichtig, da diese Tiere einerseits sehr mißtrauisch, andererseits bei Nahrungsüberfluß sehr wählerisch sind. Häufig sind Lockspeisen zu nehmen, die den Tieren nicht als tägliche Nahrung zur Verfügung stehen. In Bäckereien und Mehlspeichern sind daher keine mehlhaltigen Köder, in Schlächtereien keine Fleischköder zu verwenden. Oft ist es ratsam, mit der Art und der Zubereitung der Lockspeisen von Zeit zu Zeit zu wechseln. Brot kann getrocknet, geröstet oder mit Fett bestrichen, Fleisch gebraten oder gekocht, Fische können gekocht, geräuchert oder roh verwandt werden [1]). Bei der Nagetierbekämpfung in Haus und Hof sind Vorräte, Abfälle und Kehrichthaufen zu entfernen, damit die Tiere in erster Linie auf die Giftköder angewiesen sind. Als Köderstoffe für Nagetiere werden im Merkblatt Nr. 3 des Deutschen Pflanzenschutzdienstes empfohlen:

a) Mehlhaltige Köder: Getreide, Haferflocken, Mehl, Kartoffeln, Brot, Kuchen. Gegen Feldmaus (Getreide), Hausmaus (Streußelkuchen), Ratten (Weißbrot).
b) Frische Wurzeln: Möhren, Sellerie, Pastinak, Rüben. Gegen Feldmaus, Wühlmaus, Bisamratte.
c) Nüsse, Obstkerne, Bucheckern: Gegen Waldmaus.
d) Fleisch, Fische, Käse, Speck: Gegen Ratten.

[1]) Vgl. Schwartz, M.: Flugblatt 66 der Biologischen Reichsanstalt.

e) Zuckerhaltige Köder: Sirup oder Honig auf Weißbrot gestrichen. Gegen Ratten. Gegen Ratten besonders zu empfehlen: Kartoffelbrei mit reichlicher Beimischung von entgrätetem geräucherten oder gekochten Fisch.

Die zur Bereitung der Giftköder für andere Schädlinge in Frage kommenden Köderstoffe sind weiter unten bei den einzelnen Ködern angeführt.

Je nach der Anwendungsweise kann man Auslegeköder, Streuköder und flüssige Köder unterscheiden. Die Auslegeköder werden mit der Hand oder mit einem Löffel ausgelegt. Beim Zubereiten und beim Auslegen sind bei der Wühlmausbekämpfung mit dem Köder oder mit Erde verwitterte Handschuhe zu tragen, da die Tiere die mit ungeschützter Hand in Berührung gekommenen Köder nur ungern nehmen. Breiartige Köder (Phosphorlatwerge) werden mit kurzen Strohhalmen in die Gänge der Nagetiere gebracht. Um das beim Auslegen größerer Mengen Giftgetreide lästige und ermüdende Bücken zu vermeiden, werden einfache, oben trichterförmig erweiterte Blechrohre[1]) benutzt, durch die das Giftgetreide in die einzelnen Mäuselöcher gebracht wird. Handlicher und schneller arbeiten die zum Auslegen von Giftgetreide dienenden Legeflinten[2]) (Abb. 68), aus Blech hergestellte gewehrartige Apparate, in deren hohlen Kolben das Giftgetreide gefüllt wird und deren „Abzugshahn" bei jedem Druck eine beschränkte Anzahl (15—20 Körner) durch den Lauf entläßt. — Als besonderes Auslegeverfahren sei die Verwendung von Karotten oder Rüben angeführt, die schräg durchschnitten, ausgehöhlt, mit dem Giftstoff gefüllt, sorgfältig mit den Schnittflächen wieder zusammengefügt und in die Gänge der Nagetiere (Wühlmäuse) gebracht werden. Zum Auslegen von Giftködern gegen Nagetiere ist endlich noch ein von Apotheker Hannemann, Berlin-Friedenau, gebauter Drahtkäfig benutzt worden, der den Ratten den Zugang zum Köder gestattet, Hühner

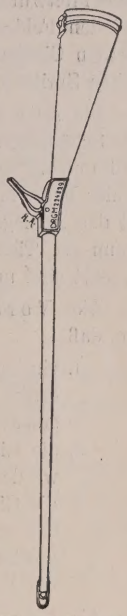


Abb. 68. Legeflinte zum Auslegen von Giftgetreide. (Nach H. Sachtleben.)

[1]) Hersteller: Bayer. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München.

[2]) Hersteller: Chemische Fabrik Delitia, Delitzsch i. Sa. und I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen bei Köln a. Rh.

und sonstige Haustiere jedoch vom Köder fernhält [1]). — Die zur Nagetierbekämpfung im Freiland benutzten Giftköder werden häufig zusammen mit Bakterienködern (vgl. S. 61) im kombinierten Giftköder-Bakterienköder-Verfahren ausgelegt.

Die Streuköder sind grobkörnige oder flockige Köder, die mit der Hand breitwürfig, wie Saatgut, ausgestreut oder mit Düngerstreumaschinen auf den Feldern verteilt werden. Zur Anwendung der flüssigen Köder werden Gießkannen oder die zur Verteilung von Spritzmitteln gebräuchlichen Spritzapparate (vgl. S. 170) benutzt.

Die Anwendungszeit der Giftköder ist die Zeit des Auftretens der Schädlinge. Eine vorbeugende Anwendung ist wegen der Kostspieligkeit und der meist geringen Haltbarkeit und kurzen Wirkungsdauer der Köder nicht möglich. Zur Bekämpfung der Feldmäuse und Wühlmäuse ist das Auslegen der Giftköder am besten im Vorfrühling vorzunehmen, wenn die Tiere durch den Winter geschwächt, die Wintervorräte aufgezehrt sind und sonstige Nahrung auf den Feldern nicht vorhanden ist.

Die Vorteile des Giftköderverfahrens bestehen darin, daß

1. ein Aufsuchen der Schädlinge nicht notwendig ist und durch örtlich begrenztes Auslegen des Giftes Material- und Arbeitsersparnisse ermöglicht werden;
2. die Giftköder nicht, wie die Köderfallen, ständig kontrolliert zu werden brauchen;
3. die Giftköder Anlockung und Abtötung gleichzeitig bewirken, so daß ein nachträgliches Einsammeln und Vernichten der angelockten Schädlinge, wie es bei der Verwendung ungiftiger Köder der Fall ist, unnötig wird.

Als Nachteil des Giftköderverfahrens ist anzuführen, daß durch die Vereinigung von Giftstoffen und Lockspeisen die Gefährdung des Menschen und der Haustiere und anderer nützlicher Tiere (Wild, Vögel, Bienen) viel größer ist als bei den Spritz- und Stäubemitteln.

b) Art der Giftköder

Meerzwiebel-Köder

Meerzwiebelpräparate enthalten ein aus der Meerzwiebel, Scilla maritima, gewonnenes, den Ratten tötliches, Menschen und Haustiere jedoch

---

[1]) Sachtleben, H.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922, S. 11.

wenig gefährdendes Glykosid. Sie werden daher bei der Rattenbekämpfung der auch für Menschen giftigen Phosphorlatwerge gern vorgezogen, sind jedoch nicht so zuverlässig, da die toxische Wirkung der Meerzwiebelpräparate je nach der Art der Gewinnung, nach der Art und dem Alter und nach den Standortsverhältnissen der Meerzwiebelpflanzen verschieden ist. Die Dosierung der Meerzwiebelpräparate ist aus diesem Grunde schwieriger als die der übrigen Nagetierköder.

Zur Selbstherstellung von Meerzwiebelködern werden folgende Vorschriften empfohlen:

1. 500 g frische, durch die Fleischhackmaschine getriebene rote Meerzwiebel werden mit 450 g Bratenfett, 25 g gestoßenen bitteren Mandeln und 25 ccm Milch zu einer Paste gut verrührt, auf dünne Brotscheiben aufgestrichen und ausgelegt[1]).
2. 500 g zerkleinerte Meerzwiebel werden mit 500 g gekochten, entgräteten Fischen gut gemischt, denen bis zur Bindung Roggenmehl zuzugeben ist[1]).
3. Kleingehackte Stückchen frischer Meerzwiebeln werden mit 60 Proz. Alkohol im Verhältnis 1 : 5 sechs Tage lang extrahiert und dann durch ein Koliertuch gepreßt. Mit dem erhaltenen roten dünnflüssigen Auszug werden kleine Brotstückchen durchtränkt[2]).

Zur Herstellung sind nur frische Meerzwiebeln zu benutzen. Da Hitze die Giftwirkung zerstört, dürfen Meerzwiebeln und Meerzwiebelpräparate nicht gekocht werden.

Als Handelspräparate kommen eine Reihe Meerzwiebelpräparate zum Verkauf, von denen bei der Prüfung des Deutschen Pflanzenschutzdienstes die Präparate „Bafum“[3]), „Delitia-Rattenextrakt“[4]) und „Ratinin“[5]) sich als brauchbar erwiesen haben. Die Mittel werden zweckmäßig noch durch Leckerbissen schmackhafter gemacht. So wird empfohlen, die Präparate vor dem Auslegen mit Fett zu bestreichen oder sie zerkleinert mit gekochtem entgräteten Fischfleisch, mit Maisflocken oder mit gekochten Kartoffeln zu mischen. Flüssige Meerzwiebelpräparate werden zum Tränken von Brotstückchen verwandt. Das Präparat „Bafum“ hat sich, mit 4 Teilen Rübensyrup ge-

---

[1]) Nach Schwartz, M.: Flugblatt 66 der Biologischen Reichsanstalt.

[2]) Neumark und Heck: Zentralblatt für Bakteriologie, I. Abtlg., Original, 1921, Bd. 87, S. 39.

[3]) Hersteller: Ferd. Christlieb, Herlitz & Co., Hamburg 15, Spaldingstraße 138.

[4]) Hersteller: Chem. Fabrik Delitia, Delitzsch i. Sa.

[5]) Hersteller: Bakteriolog. Labor. Ratin, Berlin W 35, Schöneberger Ufer 32.

mischt, nach Schwartz als wirksamer und gern genommener Rattenköder bewährt.

Die Vorzüge der Meerzwiebelpräparate liegen in der für Ratten spezifischen Giftwirkung der zur Verwendung kommenden, für Menschen und Haustiere noch unschädlichen Mengen. Auch ihr abschreckender Geschmack, der allerdings bei den Ködern durch Lockspeisen teilweise verdeckt ist, verringert die Möglichkeit der Aufnahme der Köder durch Haustiere. Als Nachteile sind die geringe Haltbarkeit der Köder, der schwankende Gehalt des giftigen Glykosids und damit eine gewisse Unzuverlässigkeit der Präparate zu nennen.

Strychninköder

Strychnin, ein aus dem Brechnußbaum, Strychnos nux vomica, gewonnenes Alkaloid, ist zusammen mit Getreide (Giftgetreide), Maisgries, Kleie oder Mehlbrei gegen Feldmäuse, Maulwurfsgrillen, Drahtwürmer und Saaten fressende Vögel zur Anwendung gekommen.

Am wichtigsten ist die Verwendung des Strychnins als Giftgetreide zur Feldmaus-, Brandmaus- und Hausmausbekämpfung. Zur Selbstherstellung wird eine Lösung von 500 g Strychninnitrat mit etwas Fuchsin in 40 Liter Wasser mit 50 kg Getreide bis zum völligen Aufsaugen durchschaufelt, dann wird das Getreide zum Trocknen ausgebreitet. Da das Strychnin nur oberflächlich eindringt, empfiehlt F. Burkhardt[1]), das Getreide in Wasser zuerst 12 Stunden lang vorzuquellen, dann bis zum ursprünglichen Wassergehalt wieder zu trocknen und darauf das gewissermaßen aufgelockerte Getreide in der oben angegebenen Weise mit der Strychnin-Fuchsin-Lösung zu tränken. Von den Getreidearten fressen nach Burkhardt die Feldmäuse am liebsten Roggen, dann in abnehmender Reihenfolge Hafer, Weizen und Gerste. Der Hafer muß vor der Strychninvergiftung geschält werden. Giftgetreide kommt auch gebrauchsfertig in den Handel[2]). Nach der polizeilichen Verordnung über den Handel mit Giften vom 22. Februar 1906[3]) darf das käufliche Giftgetreide einen Giftgehalt von 0,5 Proz. salpetersaurem Strychnin nicht überschreiten und muß zur Kenntlichmachung rot gefärbt sein.

Über die Giftwirkung des Strychningetreides liegen Angaben von Burkhardt vor, nach denen

---

[1]) Burkhardt, F.: Zeitschrift für Schädlingsbekämpfung, 1. Jahrg., 1923.

[2]) Z. B.: Delitia-Gifthafer und Delitia-Giftweizen der Chem. Fabrik Delitia, Delitzsch i. Sa.

[3]) Reichsanzeiger 1906, Nr. 51, 1. Beilage.

bei Getreide mit 0,4 bis 0,5 Proz. Strychningehalt nach dem Genuß von wenigstens 3 Körnern 70 Proz. der Mäuse eingingen, und die übrigen noch 20—50 Körner zur Abtötung bedurften,

bei Getreide mit 0,6 Proz. Strychningehalt nach dem Genuß von 5 Körnern 90 bis 100 Proz. der Mäuse eingingen,

bei Getreide mit 0,8 Proz. Strychningehalt nach dem Genuß von 1 bis 2 Körnern 100 Proz. der Mäuse eingingen.

Auf Grund seiner Versuchsergebnisse wünscht Burkhardt, daß die gesetzlichen Bestimmungen einen Strychningehalt von 0,8 Proz. statt 0,5 Proz. zulassen sollten.

Außer Strychnin ist im Brechnußbaum auch Brucin enthalten, das eine ähnliche Giftwirkung zeigt, wie Strychnin. Da aber Brucin durch seinen stark bitteren Geschmack, der auch nicht durch Saccharinzugaben verdeckt werden kann, sehr abschreckend wirkt, ist nur brucinfreies Strychninnitrat und Strychningetreide zu verwenden.

Die Anwendung des Giftgetreides geschieht meist mit Hilfe der schon oben angeführten Legeflinten oder Legeröhren. — Beim Auslegen verwendet man ungefähr 15—20 Getreidekörner je Mauseloch. Zur Materialersparnis werden 24 Stunden vorher sämtliche Mauselöcher zugetreten und am folgenden Tage nur die neugeöffneten und daher noch bewohnten Löcher mit Giftgetreide belegt. Ein oberflächliches Ausstreuen des Giftgetreides ist zu unterlassen, um Jagd- und Nutztiere nicht zu gefährden. Giftgetreide kann auch an bestimmten, für Wild- und Nutztiere nicht zugänglichen Futterplätzen ausgelegt werden (z. B. in kurzen Drainröhren von 4—5 cm Durchmesser, die in verschiedener Richtung zusammengelegt und mit Langstroh überdeckt sind).

Seltener als Strychningetreide sind strychninhaltige Kartoffel- oder Mehlköder zur Nagetierbekämpfung verwandt worden. Auch eine Bekämpfung von Maulwurfsgrillen, Drahtwürmern und Saaten fressenden Vögeln mit strychninhaltigen Maisgries- und Kartoffelbreiködern ist bisher über Einzelversuche nicht hinausgekommen.

Bariumkarbonat-Köder

Bariumkarbonat kommt zur Bekämpfung der Feld- und Wühlmäuse und in geringem Ausmaße zur Krähenbekämpfung in Frage. Die letale Dosis beträgt für Ratten 0,09—0,12 g, für Küken 0,6—0,9 g, für Hunde 6 g und für den Menschen 1—2 g [1]).

[1]) Vgl. Schwartz, M.: Desinfektion, 7. Jahrg., 1922, Heft 4.

Die beste Anwendung findet Bariumkarbonat in der Form des Bariumkarbonatbrotes. Zur Herstellung werden nach H. Sachtleben [1]) 80 Gewichtsteile Weizenmehl und 20 Gewichtsteile Bariumkarbonat mit Wasser und Hefe gut geknetet, zu einem flachen Kuchen ausgerollt und scharf gebacken. Die harten Kuchen werden in haselnußgroßen Stücken in Magermilch eingeweicht und in die Mauselöcher ausgelegt. Tröge und Kuchenbleche müssen später von Teigresten gesäubert und durch Waschen mit Essigwasser gereinigt werden. Bariumkarbonatbrot kommt auch als Fertigpräparat in den Handel [2]). Als weitere, weniger häufige Anwendungsform empfiehlt S. Morse Bariumkarbonat dick auf geröstetes Brot, Speck oder gekochte Kartoffeln zu streuen. Die Verwendung von bariumkarbonathaltigem Brot ist diesem Köder vorzuziehen.

Die Geruch- und Geschmacklosigkeit des Bariumkarbonats lassen die Verwendung der Bariumkarbonatköder nur mit der notwendigen Vorsicht zu.

Phosphorhaltige Köder

Phosphorhaltige Köder werden zur Ratten-, Mäuse- und Krähenbekämpfung verwendet und kommen im allgemeinen in der Form der sog. „Phosphorlatwerge" zur Anwendung.

Zur Herstellung von Phosphorlatwerge werden nach E. Neumark und H. Heck [3]) 4 g Phosphor in erwärmter Reibschale in 40 ccm heißem Wasser verrieben, bis der Phosphor geschmolzen ist, dann setzt man 40 ccm Rüböl zu. Die Emulsion wird mit 100 g Brotmehl zu einem Brei (Latwerge) verrührt. Phosphorlatwerge ist fertig in Apotheken zu beziehen und soll 2—3 Proz. Phosphor enthalten [4]).

Die Anwendung der Phosphorlatwerge erfolgt vielfach nach dem Strohhalmverfahren, d. h. 18—20 cm lange Strohhalmstücke werden mit ihrem einen Ende 6—8 cm tief in die Latwerge getaucht und dann in die einzelnen Mauselöcher gesteckt, so daß die aus- und einlaufenden Mäuse sich mit der Latwerge beschmutzen. Beim Reinigen des Felles nehmen die Mäuse die Latwerge auf. — Zur Bekämpfung der Ratten

---

[1]) Sachtleben, H.: Flugblatt 13 der Biologischen Reichsanstalt.

[2]) Z. B.: „Wühlmausbrot" der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München 22.

[3]) Neumark, E. und Heck.: Centralblatt für Bakteriol., I. Abtlg., Original, 1921, Bd. 87, S. 39; vergl. Mack: Chemiker-Zeitung, 1921, S. 871.

[4]) Phosphorpräparate liefern u. a.: die Chemische Fabrik Delitia, Delitzsch i. Sa. (Delitia-Mäuselatwerge, Giftkonserve „Rattekal" und Phosphorlatwerge Sonderpackung für Rattenvertilgungstage) und die Chemische Fabrik Dr. Trost Nachf., Bad Ems (Phosphorbrei Roth).

wird Phosphorlatwerge auf Brot, gekochte Kartoffeln, Fleischstücke oder gekochte Fische gestrichen und als Köder abends ausgelegt. — Zur Vernichtung der Krähen kommen Köder zur Verwendung, die aus Phosphorlatwerge, Rinderblut, Fleisch oder Fischabfällen zusammengemischt sind und in kleinen Häufchen, am besten auf Häufchen frischen Stallmistes an Futterplätzen ausgelegt werden, an denen die Krähen schon seit einiger Zeit durch unvergiftete Nahrung angeködert wurden.

Als Vorteile der Phosphorlatwerge sind anzuführen, daß sie bei richtiger Zubereitung zuverlässig wirkt, in ihrer Anwendung sehr einfach ist, von den Ratten gern genommen wird und durch ihren abschreckenden Geruch und Geschmack Vergiftungsfälle durch Verwechslung mit Nahrungsmitteln ausschließt. Da bei längerem Liegen an der Luft durch Oxydation des Phosphors die Köder bald ihre Giftwirkung verlieren, ist eine Gefährdung von Haustieren durch verschleppte oder nicht aufgenommene Köder kaum vorhanden. Phosphorlatwerge kommt daher als geeignetstes Mittel für Rattenbekämpfungstage in Frage[1]).

Arsenhaltige Köder

Von den Giftködern zeigen die Arsenköder die größte Mannigfaltigkeit. Je nach der Lebensweise der Schädlinge werden flüssige, breiartige oder feste Köder benutzt. Zur Herstellung der Köder bedient man sich sowohl der wasserlöslichen (Natrium- und Kaliumarsensalze) als auch der wasserunlöslichen Arsenverbindungen (Schweinfurtergrün, Bleiarseniat, Kalziumarsensalze).

Zur Nagetierbekämpfung kommen gegen Feldmäuse arsenhaltiges Giftgetreide, gegen Wühlmäuse arsenvergiftete Karotten, Rüben oder Mohrrüben zur Anwendung. Arsengetreide wird durch einstündiges Kochen von Getreide in 2—4proz. Natriumarsenat- oder Natriumarsenitlösung hergerichtet, durch Zusatz von Methylenblau gefärbt und mit der Hand oder, wie Strychningetreide (s. S. 384), mittels Legeflinten in die Mauselöcher ausgelegt. Die als Lockspeise verwandten Karotten oder Rüben werden, wie schon oben angegeben, gespalten, ausgehöhlt, mit einem mit Arsenik vergifteten Mehlbrei ausgefüllt und, mit den Schnittflächen wieder aneinandergelegt, in die Gänge der Wühlmäuse ausgelegt. Gegen Feldmäuse wird noch ein Arsenbrei empfohlen, der durch Mischen von 50 g Arsenik, 10 g Soda, 750 ccm warmem Wasser, 1 kg Mehl und etwas Syrup hergestellt wird; das Auslegen dieses Arsenbreies kann mit

[1]) Vgl. Schwartz, M.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922, S. 18.

Hilfe des bei der Phosphorlatwerge angegebenen Strohhalmverfahrens (vgl. S. 386) erfolgen.

Bei der Heuschreckenbekämpfung sind die Arsenköder die wichtigsten chemischen Bekämpfungsmittel. Das Köderverfahren kommt in erster Linie gegen die „Hüpfer" (Larven) in Frage; die ausgewachsenen „Geflügelten" (Imagines) gehen nur sehr schwer an vergiftete Nahrung heran, doch werden auch zu ihrer Bekämpfung Arsenköder verwandt. Die Zusammensetzung der Köder schwankt je nach der zu bekämpfenden Heuschreckenart und den örtlichen Verhältnissen. Als Arsenverbindungen kommen weißer Arsenik, Natriumarsensalze und Schweinfurtergrün zur Anwendung. Bei wertlosem Steppenbestand wird in einfacher Weise das Gras mit Arsenlösungen bespritzt, ein Verfahren, das zur starken Schädigung der Gräser führt. Zur Vermeidung dieser Schäden kann Schweinfurtergrün an Stelle der wasserlöslichen Natriumarsensalze benutzt werden. Als besondere Lockspeise wurde ursprünglich die natürliche Nahrung der Heuschrecken verwandt, kurze (2,5 cm) Grasstückchen, die über Nacht in Arsenbrühen eingetaucht und am Morgen ausgestreut wurden. Da durch ein schnelles Welken der Grasstückchen bald die Köderwirkung nachließ, ist man zu anderen Trägerstoffen übergegangen, die bald als Streck- und Ködermittel (Kleie, Pferdedung), bald nur als Streckmittel (Sägemehl) dienten. Sowohl den flüssigen, zum Spritzen der Gräser zu verwendenden Arsenködern als auch den festen, durch Ausstreuen zu verteilenden Mischungen werden besondere Lockmittel (Kochsalz, Zucker, Melasse, Syrup, Apfelsinen, Zitronen, Amylazetat) zugesetzt.

Die wichtigsten, zur Herstellung der Köder empfohlenen Vorschriften[1]) sind

für flüssige Heuschreckenköder:

a) 500 g Natriumarsenit + 750—1000 g Zucker (Melasse) + 60 Liter Wasser (für jüngste Hüpfer),
b) 500 g Natriumarsenit + 750—1000 g Zucker + 45 Liter Wasser (für halbwüchsige Hüpfer),
c) 500 g Natriumarsenit + 750—1000 g Zucker + 30 Liter Wasser (für vollwüchsige Hüpfer),
d) 625 g Arsenik + 625 g Soda + 3—4 kg Zucker + 40 Liter Wasser,

[1]) Vgl. Granovsky, A. A.: Journal of econom. Entomol., 1925, Vol. 18, S. 73; Painter, Fluke und Granovsky: Journal of econom. Entomol., 1925, Vol. 18, S. 818; Corkins, C. L.: Journal of econom. Entomol., 1924, Vol. 17, S. 311; Morstatt, H.: Flugblatt 7 als Beilage zum Pflanzer, 6. Jahrg., 1910; Ruggles, A. G., und Parker, J. R.: Minnesota Univ. Agric. Ext. Div., Circ. 17, 1924.

für feste Heuschreckenköder:

e) 43 kg Weizenkleie + 2,25 kg Arsenik + 85 g Amylazetat + 9 Liter Melasse (Syrup) + 55 Liter Wasser (U. S. Standard Formula),
f) 22 kg Kleie + 22 kg Sägemehl + 2,25 kg Arsenik + 85 g Amylazetat + 9 Liter Melasse + 55 Liter Wasser (verbesserte U. S. Standard Formula),
g) 43 kg Kleie + 2,25 kg Arsenik + 2 kg Salz + 85 g Amylazetat + 9 Liter Melasse + 55 Liter Wasser (Minnesota-Mischung),
h) 43 kg Kleie + 2 kg Arsenik (oder Schweinfurtergrün) + 24 fein zerschnittene Zitronen oder Apfelsinen + 9 Liter Melasse + 55 Liter Wasser,
i) 38 kg Sägemehl + 7 kg Mehl + 2,25 kg Arsenik + 340 g Amylazetat + 2 kg Salz + 55 Liter Wasser (Wisconsin Formula),
k) 43 kg Sägemehl und 2,25 kg Arsenik (oder 1,13 Liter Natriumarsenitlösung mit 50 Proz. Arsentrioxyd) + 2,25 kg Salz + 4,5 Liter Melasse + 45 Liter Wasser (Wisconsin Compaign Formula),
l) 40 Teile frischer Pferdedung + 1 Teil Schweinfurtergrün + 2 Teile Salz (oder 4—5 Teile Zucker) + Wasser bis zur ausreich. Anfeuchtung (Criddle-Mischung)
m) 90 kg Pferdedung + 10 kg Kleie + 2—4 kg Schweinfurtergrün + 6 kg Salz, + Wasser bis zur ausreichenden Anfeuchtung,
n) 100 kg frischer Pferdedung + 90 g Arsenik oder Schweinfurtergrün + 6—8 feingeschnittene Zitronen oder Apfelsinen + Wasser bis zur ausreichenden Anfeuchtung.

Arsenlösungen lassen sich besser mit den Köderstoffen mischen als unlösliche Arsensalze. Natriumarsenit wird wegen seiner Billigkeit dem weißen Arsenik häufig vorgezogen. Infolge der klebrigen Beschaffenheit läßt sich Weizenkleie oft schlecht ausstreuen und wird daher gern mit Sägemehl oder Pferdedung gemischt. Die Giftköder werden breitwürfig mit der Hand ausgestreut und mit Hilfe von Düngestreu- oder Drillmaschinen gleichmäßig verteilt. In Amerika sind auch besondere, auf dem Rücken oder über der Schulter zu tragende, sackartige Streuapparate in Benutzung, die aus einem Ausführungsrohr den Köder entlassen. Nach den amerikanischen Angaben werden für 40 a etwa 4,5 kg Arsenköder verwandt. Das Ausstreuen der Köder, die in ausgetrocknetem oder verschimmeltem oder vom Regen ausgewaschenem Zustand nicht mehr wirken, erfolgt am zweckmäßigsten am Abend oder in frühen Morgenstunden.

Das Giftköderverfahren kann bei Heuschreckenkalamitäten nur dann durchgreifende Erfolge bringen, wenn die Bekämpfung großzügig organisiert und allgemein durchgeführt wird. Als Beispiel einer solchen organisierten Bekämpfung sei das Vorgehen der Farmer im nordöstlichen Teil des Staates Wisconsin angeführt, die seit Jahren unter Heuschreckenkalamitäten sehr zu leiden haben. Sie schlossen sich nach Granovsky

(s. o.) im Jahre 1923 zu einem Kreuzzug gegen die Heuschrecken zusammen, bildeten eine ständige Zentralstelle, das „Grashopper Compaign Committee", das neben der wissenschaftlichen Bearbeitung der Fragen nach Biologie, Eiablage und Brutplätzen der Schädlinge und der Aufklärung der Farmer besonders die Bekämpfung im Jahre 1924 einheitlich durchführte. Es wurden 250 ts Arsenköder innerhalb 2 Wochen über 10 500 ha Land verteilt. Die Ausgaben für die Köder betrugen 200 000 Dollar. Der Erfolg war bei einer Abtötungsziffer von 86—93 Proz. durchschlagend, so daß viele Farmer, die vorher immer jährlich Verluste von 100—700 Dollar zu verzeichnen hatten, seit 40 Jahren zum erstenmal wieder eine volle Ernte erhielten.

Wenn in Deutschland Heuschreckenkalamitäten auch selten sind und in einem Ausmaße, wie sie in Südafrika und Amerika auftreten, kaum beobachtet wurden, so sind die zahlreichen, zur Heuschreckenbekämpfung brauchbaren Arsenköder für uns doch sehr wichtig, da uns Erfahrungen über Bekämpfung von Feldschädlingen mit Giftködern bisher nur in sehr geringem Maße zur Verfügung stehen. Von den einheimischen Feldschädlingen, deren Bekämpfung mit festen Arsenködern möglich ist, sind außer Nagetieren noch Tipulalarven, Erdraupen, Rübenaaskäfer und Nacktschnecken zu nennen. Praktische Anwendung im Großen haben Arsenköder in Deutschland nur gegen Tipulalarven gefunden. Es werden 25 kg grobe Weizenkleie mit 1 kg Schweinfurtergrün trocken gemischt (als Mischapparat kann ein Trockenbeizapparat [vgl. S. 324] dienen) und darauf mit soviel Wasser (ungefähr 12 Liter) durchfeuchtet, so daß eine feinpulvrige, streufertige Mischung entsteht. Diese Ködermenge, die für einen ha reicht, wird am Abend breitwürfig ausgestreut. Bei zu kaltem Wetter ist das Streuen überflüssig, da die Tiere bei tieferen Temperaturen den Boden nicht verlassen. Nach Regen ist die Streuung zu wiederholen, wenn eine Wirkung des Köders nicht schon eingetreten ist. Das Verfahren ist zuerst in Amerika, später auch in Holland und in Deutschland mit großem Erfolg angewandt worden. Wenn auch eine Schädigung von Vieh oder ein Vogelsterben niemals beobachtet wurde, so sollte der Eintrieb von Vieh und Geflügel in die behandelten Weiden doch erst nach ausgiebigem Regen oder drei Wochen nach der Behandlung erfolgen.

Als weitere feste Arsenköder sind folgende Mischungen verwandt worden.

gegen Erdraupen und Drahtwürmer: 2,26 kg Weizenkleie + 570 g Melasse + 115 g weißer Arsenik oder Schweinfurtergrün + 1 zerschnittene Zitrone + 4 Liter Wasser (zu kleinen Kugeln gedreht und ausgelegt),

gegen Erdraupen: 1 kg Kleie oder Maismehl + 20 g Schweinfurtergrün + 50 g Zucker + Wasser bis zur ausreichenden Durchfeuchtung. Statt Kleie können auch Klee- oder Luzernepflanzen oder Maisblätter als Köderstoffe benutzt werden,

gegen Rübenaaskäfer[1]):

a) Rübenkopf-, Rübenblätter- oder Rübenschnitzel-Köder, die durch Eintauchen der Rübenteile in eine halb gesättigte Natriumarseniatlösung bis zur völligen Durchtränkung hergestellt werden. Die Köderwirkung ist vielleicht durch Melassezusatz zu steigern,

b) 1,5 kg Sägemehl + 750 g Sirup + 250 ccm gesättigte Natriumarseniatlösung. (Fängigkeit geringer als bei a),

c) 250 g Roggenmehl oder Roggenkleie + 50 g Sirup + 100 ccm gesättigte Natriumarseniatlösung (oder mit 5 Proz. Natriumarseniatlösung durchfeuchtet),

gegen Maulwurfsgrillen: Auslegen von Pillen aus Honig, Mehl und Arsenik oder aus Erbsenbrei, der mit 2 Proz. Arseniklösung angerührt ist,

gegen Kellerasseln: Kartoffelscheiben mit Schweinfurtergrün bestreut und ausgelegt (besonders in Gewächshäusern),

gegen Nacktschnecken[2]): 16 Teile Kleie + 1 Teil Kalziumarseniat trocken mischen und mit Wasser wenig anfeuchten.

Bei der Rübenaaskäferbekämpfung hat sich nach Blunck und Janisch das breitwürfige Ausstreuen der Köder nicht bewährt, da die feinverteilten Köder leicht austrocknen und dann keine Köderwirkung mehr zeigen. Die Arsenköder wurden daher in geschlossenen, nuß- bis apfelgroßen Häufchen zwischen den Rübenreihen ausgelegt. Ein Austrocknen der Köder wurde durch Bedecken mit Sacklumpen verhindert, doch erhöht das Bedecken die Gefahr des Verschimmelns. Nach ihren Erfahrungen empfehlen daher Blunck und Janisch, gegen Rübenaaskäfer schimmelfeste Lockmittel (Rübenschnitzel, Rübenköpfe) zu benutzen und die Köder, vor direkter Sonne geschützt, zwischen dichtstehenden Pflanzen oder hinter Steinen auszulegen. Die aus $^1/_2$ kg getrockneter Rübenschnitzel bereiteten Rübenschnitzel-Arsenköder konnten in zwölf Minuten auf einer Fläche von 384 qm ausgelegt werden.

Die bisher angeführten Giftköder sind in erster Linie nur für Nagetiere und Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen (Käfer, Heuschrecken usw.) geeignet. Der Kampf gegen Insekten mit leckenden und saugenden Mundwerkzeugen, wie Fliegen (Getreide-, Gemüse-, Fruchtfliegen), Schmetterlinge (Eulen, Wickler usw.) und Hautflügler (Säge- und Blattwespen), ist lange Zeit nur gegen ihre schädlichen und mit beißenden Mundwerkzeugen ausgestatteten Larven durchgeführt worden.

---

[1]) Blunck, H., und Janisch, R.: Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, 1925, Bd. 13, Heft 5.

[2]) Basinger, A. J.: Journal of econom. Entomol., 1923, Vol. 16, S. 522.

Untersuchungen und Beobachtungen zeigten bald, daß diese saugenden Insekten in der Regel die Puppenhüllen mit noch unreifen Eierstöcken verlassen und daß von ihnen bis zur Eiablage zuckerhaltige Flüssigkeiten (Nektar, Fruchtsäfte, Honigtau) aufgesucht werden, da diese Nahrung für sie von größter Wichtigkeit ist. Es ist also möglich, durch Darbieten flüssiger, zuckerhaltiger Arsenköder viele von diesen Schädlingen auch als Vollkerfe (Imagines) zu bekämpfen.

Die Zusammensetzung der flüssigen Arsenköder richtet sich nach der Eigenart der jeweiligen Schädlinge, doch dürfte im allgemeinen die Zahl der Köder nicht so groß sein, da in der Natur viele Schädlinge auf die gleichen Nahrungsquellen angewiesen sind. Als Köder kommen zuckerhaltige Lösungen (Melasse, Glukose) in Betracht, denen Honig, Fruchtsäfte, Bierwürze oder sonstige Lockmittel noch zugesetzt werden können. Honig wird in vielen Fällen vermieden, damit nicht nützliche Insekten (Bienen) geschädigt werden. Melasseköder sollen Bienen nicht anlocken. Als Hilfsstoff wird oft Glyzerin zugesetzt, um die Köder lange Zeit flüssig zu halten. Als Giftstoffe kommen Natrium- und Kaliumsalze der Arsen- oder der arsenigen Säure (0,2—0,4 Proz.) in Betracht, deren Wirksamkeit nach italienischen Angaben noch durch Zusatz von Borsäure und Borax gesteigert werden kann.

Daß die Methode der flüssigen Arsenköder, deren erste Anwendungen auf die Jahre 1789, 1790 und 1793 zurückgehen, auch im großen erfolgreich gegen Pflanzenschädlinge durchgeführt werden kann, zeigt Italien mit seiner seit 1903 wohl organisierten Bekämpfung der Olivenfliege [1]), gegen welche die Anwendung flüssiger Arsenköder die einzige sichere Bekämpfungsmaßnahme bedeutet. Es sind eine Anzahl von Vorschriften zur Herstellung von Arsenködern gegen Olivenfliege ausgearbeitet worden, von denen folgende die wichtigsten sind [2]):

de Cilli: 40 kg Melasse + 40 kg Honig + 2 kg Natriumarseniat + 18 Liter Wasser Anwendung: 10 Proz. Verdünnung der Stammlösung,

Venturini: 65 Proz. Melasse + 31 Proz. Honig + 2 Proz. Natriumarsenit + 2 Proz. Glyzerin. Anwendung: 10 Proz. Verdünnung der Stammlösung.

Latrionte: 50 kg Glukose + 2 kg Glyzerin + 2 kg Kaliumarsenit + 2 kg Borsäure + 2 kg Natriumborat + 1 kg Natriumbenzoat + 100 Liter Wasser.

Berlese 1908: 70 kg Melasse + 2 kg Natrium- oder Kaliumarseniat + 28 Liter Wasser. Anwendung: 10 Proz. Verdünnung.

---

[1]) Trappmann, W.: Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1924, S. 75; Krieg: Centralblatt für Bakteriologie, II. Abtlg., 1925, Bd. 65, S. 59.

[2]) La Lutte contre la mouche des olives dans les divers pays. Inst. int d'Agriculture 6. Assemblée générale, Mai 1922, Rom 1922.

Berlese 1915: 10 kg Melasse + 3 kg Natrium- oder Kaliumarseniat + 90 Liter Wasser. Anwendung: 10 Proz. Verdünnung.
Berlese 1923: 10 kg Melasse + 250—300 g Natrium- oder Kaliumarsenit oder -Arseniat + 80 Liter Wasser.

Die Anwendung der Köder ist einfach und kann nach verschiedenen Methoden erfolgen. Nach der ersten Methode werden die Köder auf den ganzen Baum verspritzt oder es wird nur $^1/_2$ Liter der Köderlösung auf 1—2 Äste eines jeden Baumes verteilt. Trotzdem selten Beschädigungen beobachtet werden, wird bei jeder Spritzung mit den Ästen gewechselt. Nach Möglichkeit werden auch die Blattunterseiten bespritzt, um ein schnelles Abspülen des Köders durch Regen zu vermeiden. Ein Aufpinseln des Köders auf Stamm und Äste ist nicht vorteilhaft, da die Rinde die Köder schnell aufsaugt. Nach der zweiten Methode werden mit Arsenködern gespritzte Zweige oder Reisigbündel in den bedrohten Bäumen aufgehängt und zum Schutze vor Regen mit einem Zinkdach überdeckt. Ein Köderzweig genügt für jeden Baum. Die Zweige sind dort anzubringen, wo mit dem häufigsten Anflug der Insekten zu rechnen ist (Lichtseite, Windseite). Bei beiden Methoden hält die hygroskopische Eigenschaft des Glyzerins die Köder lange flüssig und gestattet den Olivenfliegen, während der heißen Tagesstunden, an denen sie sich in den Schatten flüchten, von dem Köder zu naschen. Die Bespritzungen müssen nach dem Eintrocknen oder Abwaschen der Köder oder beim Auftreten einer neuen Generation des betreffenden Schädlings erneuert werden. Zur Bekämpfung der Olivenfliege werden die Spritzungen im allgemeinen von Mitte Juni bis Mitte August alle 14 Tage durchgeführt. Die Methode des Auslegens gespritzter oder vor Regen geschützter Zweige kann auch gegen Schädlinge im freien Felde ausgeführt werden; besser jedoch werden hier als dritte Methode mit Köderflüssigkeit bestrichene Tuchstreifen dicht bei den bedrohten Anpflanzungen zwischen Pfählen ausgespannt. Eine vierte Methode, bei welcher der Köder in porösen Tonkrügen ausgestellt wird, ist besonders zur Olivenfliegenbekämpfung viel angewandt worden, hat sich aber nicht so bewährt, wie das Bespritzen der Bäume. Als fünfte Methode sei endlich ein von E. H. Strickland[1]) beschriebenes, jedoch nur im kleinen zu verwendendes Verfahren angeführt, bei welchem aus einer mit Köderflüssigkeit gefüllten, umgestülpten Flasche durch eine feine Korkdurchbohrung die Köderflüssigkeit langsam in einen Docht dringt und dort, durch Nachlaufen der Flüssigkeit ständig ergänzt, den Insekten dargeboten wird.

Die Erfolge der Anwendung flüssiger Arsenköder gegen die Oliven-

[1]) Strickland, E. H.: Journal of econom. Entomol., 1922, Vol. 15, S. 214.

fliege sind in Italien (1908 behandelt: 2 Proz. Befall, unbehandelt: 80 Proz. Befall) und in Griechenland (1921 auf Korfu vier Millionen Bäume behandelt) so glänzend, daß wir nicht achtlos daran vorübergehen können, wenn auch bei unseren kühlen und regenreichen Sommern die Erfolge nicht so gut sein werden. Die ersten, größeren Versuche in Deutschland mit flüssigen Arsenködern wurden von H. Bremer[1]) zur Bekämpfung der Rübenfliege, Pegomyia hyoscyami, durchgeführt. Bremer benutzte zuerst einen Köder, der 5 Proz. Rohrzucker und 0,4 Proz. Natriumarseniat enthielt, und welcher mit Gießkannen auf die Rüben verteilt wurde. Zwei Tage nach der Behandlung wurden auf den behandelten Flächen überall tote Fliegen gefunden. Durch Netzfang und Beobachtung der Eiablage konnte die Wirkung des Köderverfahrens zahlenmäßig festgestellt werden:

	Versuchsfläche	unbehandelte Fläche
Netzfang 2 Tage vor Behandlung . . .	63	73
Netzfang 2 Tage nach Behandlung . . .	6	52
Eiablage vor der Behandlung	17	23
Eiablage 2 Tage nach Behandlung . . .	15	69

Nach 16 Tagen war auf der Versuchsfläche kaum ein Schaden festzustellen. Während die durch die Natriumarseniatlösungen verursachten schwachen Beschädigungen der Rübenpflänzchen wirtschaftlich nicht ins Gewicht fielen, waren die Unkosten des Verfahrens wegen der hohen Materialkosten zu hoch (5—7 Mark je Morgen). Ein Ersatz des teuren Rohrzuckers durch Melasse schien wegen der offenbar ungenügenden Anziehungskraft der Melasse nicht möglich zu sein. Es gelang jedoch Bremer, durch Behandeln nur jeder fünften Drillreihe mit einer 3proz. Rohrzucker- + 0,5proz. Natriumarseniatlösung ausreichende Köderwirkung zu erzielen und die Materialunkosten auf 0,50—0,40 Mark je Morgen herabzudrücken. Die 40 Morgen große Fläche konnte von sechs Leuten und sechs Gießkannen in drei Stunden behandelt werden. Eine weitere Verbilligung dürfte noch durch Verwendung einer Hederichspritze möglich sein. Bremer hält die Verwendung flüssiger Köder für die aussichtsreichste Methode der Rüberfliegenbekämpfung (vgl. S. 83).

Eine gute Köder- und verstärkte Giftwirkung will E. H. Strickland (s. o.) bei der Verwendung von flüssigen Arsen-Quassiaködern an

[1]) Bremer, H.: Die deutsche Zuckerindustrie 1925, Nr. 42; Anzeiger für Schädlingskunde, 2. Jahrg., 1926, S. 56.

Nachtschmetterlingen beobachtet haben. Er verwandte eine 10proz. Rohrzuckerlösung, in welcher über Nacht 50 g Quassiaspäne je Liter Flüssigkeit ausgezogen waren, und die nach Zusatz von 1 g „fly pad" (Arsenpräparat) und acht Tropfen Amylazetat in umgestülpten, mit Dochten versehenen Flaschen (s. o.) im Freien angebracht wurde. Quassiazuckerlösung soll eine bessere Anlockung als reine Zuckerlösung und eine geringere fraßabschreckende Wirkung als reine Arsenlösungen zeigen.

Da bei Verwendung wasserlöslicher Arsensalze leicht Blattbeschädigungen hervorgerufen werden und selbst schwache 0,2—0,4 Proz. Natriumarseniatköder an sehr empfindlichen Pflanzen nicht mehr anwendbar sind, hat man auch wasserunlösliche Arsenverbindungen zur Bereitung flüssiger Arsenköder benutzt. So ist zur Bekämpfung der Kirschfliege ein aus 600 g Bleiarseniat, 3 Liter Melasse und 100 Liter Wasser hergestellter Arsenköder zur Verwendung gekommen.

Arsenköder sind endlich noch zur Fliegen- und Ameisenbekämpfung in Häusern benutzt worden. Zur Fliegenbekämpfung werden arsenhaltige „Fliegenpapiere" und „Fliegenteller" (letztere in der Form von Bierfilzunterlagen) benutzt, die mit Wasser durchtränkt auf flachen Tellern aufgestellt werden. Bei der Ameisenbekämpfung ist es leicht, durch stärkere Arsenköder die den Köder aufnehmenden Ameisen zu töten, doch wird dadurch die eigentliche Ameisenplage nicht merklich beeinflußt, da die Ameisennester immer wieder neue Ameisenscharen entlassen. Zacher[1]) empfiehlt daher, schwächere, die den Köder aufnehmenden Tiere nicht abtötende Arsenköder (verdünnter Sirup mit 0,12—0,25 Proz. Arsenik) zu verwenden, welche von den Ameisen ins Nest getragen, dort an die Jungen und die übrigen Stockinsassen verfüttert werden und so zum Absterben der ganzen Kolonie führen. Mit dem Köder werden Schwämme getränkt, die zweckmäßig in durchlöcherten Dosen ausgelegt werden (vgl. S. 397).

Fluorhaltige Köder

Als billiges Ersatzmittel für Arsensalze sind Natriumfluorid NaF und Natriumsilicofluorid Na_2SiF_6 (vgl. S. 281) in Köderform verschiedentlich zur Bekämpfung von Nagetieren, Heuschrecken, Ameisen und Schaben angewandt worden.

Zur Heuschrecken- und Erdraupenbekämpfung wurden Köderstoffe (Gras, Pferdedung usw.) mit 1—2 Proz. Natriumfluoridlösung getränkt. Da die fraßabschreckende Wirkung des Fluorids ge-

[1]) Zacher, F.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst 1. Jahrg., 1921, S. 7.

ringer ist, als die der Arsenmittel, sollen die mit Natriumfluorid angesetzten Giftköder trotz der geringeren Giftwirkung des Giftstoffes doch teilweise den Arsenködern hinsichtlich der Brauchbarkeit gleichkommen. Gegen Tipulalarven wurden von Gasow[1]) außer den üblichen Arsenkleiegiften (vgl. S. 390) auch Fluornatrium- und Kieselfluornatrium-Kleieköder (1 : 25 oder 1 : 50) mit Erfolg angewandt und empfohlen. Zur Bekämpfung der Rübenfliege benutzten Bremer und Kaufmann[2]) fluorhaltige Zuckerlösungen mit einem Gehalt von 0,4 Proz. Fluornatrium oder Kieselfluornatrium und 2,5 Proz. Rohzucker oder Verbrauchszucker (nicht Melasse) als flüssige Giftköder. Die Köderflüssigkeit wird zu Beginn der Eiablage der Rübenfliege reichlich (zweckmäßig mit Hederichspritzen) auf die Rübenpflanzen gespritzt. Der Erfolg ist am besten, wenn auf die Behandlung mehrere sonnige oder mindestens regenfreie Tage folgen. Die fluorhaltigen Köder haben vor den sonst angewandten Natriumarseniatködern (vgl. S. 394) den Vorzug, daß sie bei ausreichender insektizider Wirkung die Rübenpflanzen nicht schädigen und daher auch gegen die erste Generation der Rübenfliege an jungen Rübenpflänzchen angewandt werden können. Es werden von den flüssigen Ködern 35—70 Liter je Morgen oder 140—280 Liter je ha verbraucht. — Zur Nagetierbekämpfung sind fluorhaltige Handelspräparate brauchbar, zur Bekämpfung von Küchenschaben wird das Ausstreuen einer Mischung von Natriumfluorid und Mehl (1 : 1) empfohlen.

Die fluorhaltigen Köder haben vor den Arsenködern den Vorzug der Billigkeit. Ob die oft angeführte geringere Giftwirkung der Fluorverbindungen wirklich eine geringere Gefährdung des Menschen im Vergleich zu den Arsenpräparaten mit sich bringt, ist angesichts der zahlreichen, durch Fluorpräparate verursachten, die Zahl der durch Arsen veranlaßten Unglücksfälle bei weitem übersteigenden Todesfälle sehr fraglich (vgl. S. 126).

Sonstige Giftköder

Von den sonst noch zur Nagetierbekämpfung verwandten Giftködern sind als brauchbare Handelspräparate zu nennen die auf der Grundlage von Thalliumsulfat aufgebauten Zelio-Präparate[3]) (Zelio-

---

[1]) Gasow: Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, 1926, 41. Jahrg., S. 410.

[2]) Bremer, H., u. Kaufmann, O.: Anzeiger für Schädlingskunde, 3. Jahrg., 1927, S. 13 und Zuckerrübenbau, 1927, S. 1.

[3]) Spieckermann, A.: Landw. Zeitung für Westf. und Lippe, 1925, Nr. 38. Herfs, A.: Nachr. d. Landw. Abtlg. d. Farbenfabr. vorm. Friedr. Bayer & Co., Leverkusen, 3. Jahrg., 1924, S. 29, und 4. Jahrg., 1925, S. 117.

Weizen, Zelio-Paste) der I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen bei Köln a. Rh., gegen Feldmaus, Wühlmaus und Ratten im Freien und die Trimonomethylxanthin enthaltenden Sokialpräparate[1]) (Sokialkörner und Sokialkuchen) derselben Firma gegen Hausmäuse und das Theobromin führende Präparat Venimors[2]) der Firma Bavaria G. m. b. H., Augsburg, gegen Ratten.

Zur Ameisenvertilgung in Häusern und Gärten sind außer den schwachen Arsenködern (vgl. S. 395) auch noch weitere schwach giftige, flüssige Giftköder zu empfehlen, die auf 120 g Sirup, Kunsthonig oder Zuckerwasser 3 g Chloralhydrat oder 0,5 g Brechweinstein enthalten, von den Ameisen in die Nester eingetragen werden und dort durch Verfüttern die ganze Kolonie vernichten. Mit den Giftködern werden Schwämme getränkt, welche zum Schutze von Kindern und Haustieren in durchlöcherten Blechbüchsen (Schuhwichsdosen, Konservenbüchsen) ausgelegt werden. Als ungiftiger Ameisenköder wird eine Mischung von 1 Teil Honig und 1 Teil 10proz. Pottaschelösung angewendet. Von den Handelspräparaten hat Allizol (G. Dreyer & Co., Frankfurt a. M.) als Ameisenvertilgungsmittel Bedeutung erlangt.

Gegen Küchenschaben bewährte sich ein aus 2 Teilen feingepulvertem Borax, 1 Teil Salizylsäure, 9 Teilen Erbsenbrei mit etwas Fett- und Bierzusatz hergerichteter Köder. In einfacher Weise kann auch eine Vernichtung der Küchenschaben durch Ausstreuen von Hefe + Zukker, Borax + Mehl, Borax + Zucker oder Schweinfurtergrün + Zucker erreicht werden.

Zur Fliegenbekämpfung in Wohnräumen hat sich das Aufstellen von Formaldehyd-Milch (15 Teile Formaldehyd + 20 Teile Milch + 65 Teile Wasser) oder Formaldehyd-Bier (1 : 10) in flachen Tellern mit eingelegten Brotscheiben bewährt.

c) Art der giftfreien Köder

Als giftfreie Köder sind die bei den physikalischen Maßnahmen schon angeführten, in Fangflaschen oder besonderen Fangvorrichtungen zur Anlockung der Schädlinge benutzten chemischen Lockmittel (gärende Fruchtsäfte, Bier- und Weinreste, Amylazetat, Melasse-Bierhefe, Sirup, Honig, aromatische Öle) zu erwähnen. Zum Auslegen der Köder bediente

---

[1]) Heemsoth, C.: Nachr. d. Landw. Abtlg. d. Farbenfabr. Bayer & Co., Leverkusen, 4. Jahrg., 1925, S. 138 (ausführl. Referat).

[2]) Sachtleben, H.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1922, S. 99.

sich A. Peterson[1]) besonderer Köderpfannen, kleiner Emaillepfannen, welche an einem Bügel in Bäumen aufgehängt wurden und in welchen sich die Nachtfalter bei der Nahrungsaufnahme durch Verschmieren der Flügel fingen.

Chemische Stoffe, die schädliche Insekten zur Eiablage an bestimmten, die Vernichtung der Eier ermöglichenden Orten veranlassen, sind bisher kaum bekannt. Nach Untersuchungen von C. H. Richardson und E. H. Richardson[2]) ist jedoch die Möglichkeit der Anlockung zur Eiablage durch chemische Mittel (Ammoniak bei Stubenfliege) vorhanden (vgl. S. 87).

Eine neue, eigenartige Anwendung giftfreier Köder zeigte Baunacke[3]), indem er als aussichtsreichstes Bekämpfungsmittel gegen Rübennematoden ein „Aktivierungsverfahren" vorschlug. Nach diesem Verfahren werden die im Erdboden befindlichen und in den Dauerzysten ruhenden Nematodenlarven, ähnlich wie beim Fangpflanzenverfahren, durch besondere Reiz- und Köderstoffe zum Verlassen der Zysten veranlaßt („aktiviert"). Wird das Verfahren zu einer Zeit ausgeführt, wo keine befallfähigen, jungen Wurzeln zur Verfügung stehen, so nahm man an, daß die geschlüpften Nematodenlarven aus Nahrungsmangel eingingen. Bei den auf Grund der Baunackeschen Untersuchungsergebnisse von Rensch[4]) und Nebel[5]) durchgeführten Versuchen gelang es, im Topfversuch durch Extrakte von Rübenwurzeln, durch Zitronensäure in 0,0025—0,0075proz. Lösung, durch Alanin in 0,012—0,025proz. Lösung und andere Stoffe ein Massenschlüpfen von jungen Nematoden aus den Dauerzysten zu erreichen. Im Feldversuch waren diese Stoffe aber nicht wirksam genug, um für eine praktische Bekämpfung in Frage zu kommen. Auch zeigte es sich, daß die Nematodenlarven lange Zeit (1 Jahr) ohne geeignete Wirtspflanzen im Boden leben können. Es dürfte daher eine Nematodenbekämpfung die größte Aussicht auf Erfolg haben, bei welcher dem Aktivierungsverfahren ein Vernichtungsverfahren folgt.

13. Abschreckmittel

Die Abschreckmittel sind, ähnlich den Ködermitteln, eine Gruppe chemischer Bekämpfungsmittel, die je nach ihrer Beschaffenheit ver-

[1]) Peterson, A.: Journal of econom. Entomol., 1925, Vol. 18, S. 181.

[2]) Richardson, C. H. und Richardson, E. H.: Journal of econom. Entomol., 1922, Vol. 15, S. 425.

[3]) Baunacke: Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt, 1922, Bd. 11, S. 185.

[4]) Rensch: Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, 1925, Bd. 123, S. 488, und Mittlg. d. Dtsch. Landw. Gesellsch., 1924, S. 412.

[5]) Nebel: Kühn-Archiv 1926, Bd. 12, S. 36.

spritzt, verstäubt, ausgestreut oder aufgestrichen werden, die aber auf Grund ihrer physiologischen Wirkung auf gewisse Schädlinge zu einer geschlossenen Gruppe zusammengefaßt werden können. Allen Abschreckmitteln ist eine den Geruchs- oder Geschmackssinn abschreckende Eigenschaft eigen. Die Verwendung von gefärbten Mitteln oder der gleichzeitige Zusatz von Farbstoffen scheint häufig die Wirkung der chemischen Abschreckmittel zu erhöhen. Eine Abtötung der Schädlinge wird bei den Abschreckmitteln nicht erreicht und ist vielfach auch nicht beabsichtigt; die Mittel eignen sich daher zur Abhaltung von Tieren, die im allgemeinen nützlich sind und nur gelegentlich Schaden anrichten. In ihrer Mannigfaltigkeit stehen die Abschreckmittel hinter den Ködermitteln weit zurück, doch läßt sich ihre Bedeutung für die Schädlingsbekämpfung heute noch nicht abschätzen, da grundlegende Versuche über die Wirkung dieser Mittel auf Schädlinge noch fast völlig fehlen [1]).

Die Abschreckmittel finden in erster Linie Anwendung zur Hinderung von Wildverbiß und Vogelfraß, zur Fernhaltung niederer Wirbeltiere, wie Maulwurf und Nagetiere, und zur Abschreckung schädlicher Insekten.

Als Mittel zur Verhütung von Hasenfraß und Wildverbiß dienen meist brei- oder salbenartige, aus Fetten, Harzen, Teerölen, Schwefelverbindungen oder starkriechenden, organischen Stoffen bestehende Mittel, mit denen die bedrohten Triebspitzen oder Baumstämme bestrichen werden. Zur Selbstherstellung [2]) der Mittel werden nach den zahlreichen Vorschriften einzeln oder in wechselnder Kombination entsäuerter Baumteer, Steinkohlenteer, Teeröle, Petroleum, Lehm, Kalkbrei, Rinderblut, Rinderdung, Jauche, Ofenruß, stinkendes Tieröl oder Franzosenöl oder Dippels Öl (durch trockene Destillation aus Knochen gewonnen) und Asa foetida oder Stinkasand (harzgummiartige, aus den angeschnittenen Wurzeln von Ferula scorodosma gewonnene, nach Knoblauch riechende Masse) empfohlen. Als Handelspräparate sind brei- oder salbenartige, vielfach aus Abfallprodukten der Fettverarbeitung und der Braun- und Steinkohlendestillation gewonnene Mittel in Gebrauch. Die Mittel werden besonders in Obstanlagen zur Verhütung von Hasen- und Kaninchenfraß verwandt. In den Baumschulen der Firma Spaeth, Berlin, bewährte sich nach H. R. Oppenheimer [3]) ein Anstrich mit einer einfachen Mischung aus Rinderblut und Rinderdung.

[1]) Bishopp, A., Paarmann und Laake: Journal of econom. Entomol., 1925, Vol. 18, S. 776.

[2]) Eckstein: Deutsche Forstzeitung, 1925, Bd. 40, S. 1075; vgl. auch Erfurter Führer, 22. Jahrg., S. 225.

[3]) Oppenheimer, H. R.: Angewandte Botanik, 1926, Bd. 8, S. 137.

Zur Vermeidung von Vogelfraß hat man die auszulegenden Sämereien (Getreide, Erbsen usw.) vielfach mit Aloe, Quassia oder anderen Bitterstoffen behandelt, ohne aber ausreichende Ergebnisse zu erlangen. Einige Erfolge erzielte man mit folgenden Behandlungen des Saatgetreides:

a) Bleimennige: 1 Zentner Saatgut wird mit 4 Liter Wasser, in dem 120 g Tischlerleim gelöst sind, durchfeuchtet, dann wird das Saatgut mit 1 kg Bleimennige gut vermischt.
b) Preußisch-Blau und Signalrot: Das wie bei a) mit Leimwasser behandelte Getreide wird mit 300 g Preußisch-Blau oder 500 g Signalrot gemischt.
c) Teerseife: 250 g Teer und 200 g Schmierseife werden gut verrührt, in 4 Liter Wasser gelöst und mit 1 Zentner Saatgut gemischt.

Von den Handelspräparaten sei das aus Steinkohlendestillationsprodukten hergestellte Corbin (L. Meyer, Mainz) als brauchbares Saatschutzmittel gegen Vogelfraß (nicht gegen Steinbrand!) angeführt. Die Saatschutzmittel schützen nur das Korn, nicht den Keimling und die junge Pflanze. Ihre Wirkungsdauer beschränkt sich daher nur auf kurze Zeit. Nach W. Nagel[1]) wirken bei vielen der Saatschutzmittel weniger Farbe, Geschmack und Geruch als vielmehr die Konsistenz des das Saatgut bedeckenden Überzuges abschreckend. Die Saatschutzmittel haben auch zur Verhütung von Mäusefraß gelegentlich Anwendung gefunden.

Gegen Erdgänge bewohnende Tiere, wie Mäuse, Maulwürfe und Maulwurfsgrillen, sind als Abschreckmittel starkriechende Stoffe (Petroleum, Terpentinöl) benutzt worden. Die Mittel werden entweder direkt in die Ausführungsgänge gegossen, oder aber es werden Lappen mit diesen Stoffen getränkt und in die Gänge gesteckt. Insbesondere zur Vertreibung des im allgemeinen nützlichen Maulwurfs von Parkanlagen und Gemüsebeeten sind die Mittel brauchbar.

Zur Fernhaltung schädlicher Insekten haben Abschreckmittel insbesondere zur Verhinderung der Eiablage verschiedentlich Anwendung gefunden. Auch hier handelt es sich wieder um starkriechende Stoffe, wie Lysol, Karbolsäure, Petroleum, Karbolineum, die entweder als verdünnte Lösungen (1 Proz. Lysol- oder 5 Proz. Karbolineumlösung, z. B. gegen Apfelblütenstecher, Petroleumseifenemulsion gegen Kohlfliege) auf die Pflanzen verspritzt oder, mit Sand, Torfmull oder Sägespänen gemischt, zwischen die Pflanzreihen ausgestreut (z. B. gegen Möhren-, Zwiebel-, Kohlfliege) oder, von Lappen aufgesogen, an Bäumen aufgehängt werden (z. B. gegen Pflaumensägewespe). Die Wirkung der als Gießmittel gegen Kohlfliege benutzten Uspulunlösung

[1]) Nagel, W.: Die kranke Pflanze, 1924, S. 142.

(s. S. 296) ist ebenso als Abschreckmittel zur Hinderung der Eiablage aufzufassen, wie die Wirkung der Kohlkragen (s. S. 80). Weiter sind Streu- und Stäubemittel, wie Kalk und Ruß, erfolgreich zur Abschreckung von Insekten verwandt worden. Zur Abschreckung des Pfirsichbohrers sind in Amerika die Pfirsichbäume an der Basis ihrer Stämme mit den verschiedenen Abschreckmitteln (Gasteer, Karbolsäure + Seife, Petroleum + Kalk, Steinkohlenteer + Seife) behandelt worden[1]). Lovett[2]) empfiehlt zum Anstrich auch einen Brei aus Kalk, Kupfersulfat, Kasein, Naphthalinflocken oder Karbolsäure.

Den Fraß verhindernde Abschreckmittel, die entweder die Tiere selbst abschrecken oder die die Tiere anlockenden natürlichen Gerüche der Wirtspflanze überdecken, sind noch nicht gefunden worden[3]). Spritzungen der Pflanzen mit Geschmacksstoffen, wie Gerbsäure, Alaun usw., blieben bisher ohne Erfolg. In geringem Maße zeigen Kupferkalkbrühe und Schwefelkalkbrühe eine fraßabschreckende Wirkung, doch ist diese Wirkung zur vollkommenen Abschreckung zu schwach, wenn sie auch, zum Beispiel bei der Kombination der Kupferkalkbrühe mit Arsenmitteln, oft über das für ein arsenhaltiges Spritzmittel gewünschte Maß hinausgeht. Auch Stäubemitteln, wie Schwefel, kommt ebenso wie anderen fein pulverförmigen Stoffen (Straßenstaub, Flug-, Holz-, Brikettasche, Ruß) oft eine fraßabschreckende Wirkung zu, so daß sie z. B. zur Bekämpfung von Blattwespenlarven und Erdflöhen mit „Erfolg", jedoch ohne wirkliche Abtötung der Tiere benutzt werden. Gegen Erdflöhe und Tausendfüße kann mit Lysol und Petroleum getränkter Sand (Torfmull oder Sägemehl) ausgestreut werden (vgl. S. 285).

Als Abschreckmittel seien endlich noch rauchende Feuer angeführt, die in den Tropen von den Eingeborenen benutzt werden, um Heuschreckenzüge vom Einfall in die Pflanzungen abzuhalten. Nach Rambousek soll auch die Rübenfliege durch starkrauchende Feuer von Feldern fernzuhalten sein.

14. Impfmittel

Als Impfmittel werden diejenigen chemischen Bekämpfungsmittel bezeichnet, die, ähnlich der in der Human- und Tiermedizin erfolgreich angewandten Methode der inneren Therapie, in das Innere der erkrankten Pflanzen gebracht werden und, ohne die Pflanzen zu schädigen, zum Abwandern oder zur Abtötung der Schädlinge oder zur Heilung der Krank-

[1]) Quaintance und Siegler: U. S. Dep. of Agric. Farmers, Bull. 908, 1920.

[2]) Lovett: Oregon Agric. Coll. Exp. Stat., Circ. 39, 1923.

[3]) Imprägnierung von Wollsachen mit Eulan (I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen b. Köln) schützt vor Fraß der Kleider- und Pelzmotten.

heit führen. Auf die ausführliche Zusammenstellung der bisher mit Impfmitteln im Pflanzenschutz gemachten Erfahrungen von A. Müller[1]) sei besonders hingewiesen.

Der Impfmethode im Pflanzenschutz liegt folgender Gedankengang zugrunde: eine Reihe von Pflanzenschädlingen, insbesondere pilzliche Krankheitserreger und saugende Insekten, sind auf einige wenige Pflanzenarten, oft sogar auf bestimmte Sorten einer einzigen Pflanzenart, spezialisiert. Die anfällige Sorte kann in vielen Fällen durch geeignete Düngung eine vorübergehende Immunität erlangen, indem durch Aufnahme bestimmter Stoffe durch die Wurzeln der Zellsaft der Pflanzen sich so verändert, daß die Ernährungs- und Lebensbedingungen für den Schädling ungünstig werden. Diese vorübergehende, auf Zellsaftänderungen beruhende Immunität versucht man durch Impfmittel künstlich zu erzeugen. Zur Einführung der Impfmittel in die Pflanze sind folgende Methoden (vgl. A. Müller) angewandt worden:

1. Absorption von Flüssigkeiten
   a) durch die verletzte Wurzel,
   b) durch den verletzten Stamm,
   c) durch gekappte Zweige.
2. Einführung fester, in den Säften der Pflanzen löslicher Stoffe in die Pflanze,
3. Durchtränkung des Bodens mit Stoffen zwecks Aufnahme derselben durch die intakte Wurzel,
4. Absorption von Stoffen durch intakte Blätter.

Bei der Absorption von Flüssigkeiten durch verletzte Wurzeln (1. a) wurde das angeschnittene Wurzelende in die Impfflüssigkeit eingeführt; zur Absorption durch den verletzten Stamm (1. b) wurde die Impfflüssigkeit, oft unter Zuhilfenahme besonderer Apparate und unter Ausnutzung des durch die Transpiration hervorgerufenen negativen Drucks, durch Bohrlöcher in die Pflanze eingeleitet. Bei der von A. Müller vorgeschlagenen Zweigmethode (1. c) werden Zweige heruntergebogen, unter der Impfflüssigkeit abgeschnitten und mit ihren abgeschnittenen Enden längere Zeit in diese Flüssigkeit eingetaucht. Zur Einführung fester Impfstoffe (2.) werden Löcher zur Aufnahme des Impfmittels in den Stamm gebohrt.

Für die Aufnahme des Impfstoffes durch die Pflanze ist es wichtig, daß Pflanzen, wie zahlreiche Versuche mit Farbstoffen gezeigt haben, ge-

[1]) Müller, A.: Die innere Therapie der Pflanzen, Berlin 1926, Monographie zur angewandten Entomologie, Nr. 8.

wisse fremde Stoffe ohne Schädigung aufnehmen und durch ihre Leitungsbahnen innerhalb des Pflanzenkörpers in gewissen Grenzen verteilen können. Bei den Impfmitteln handelt es sich also darum, Stoffe zu finden, die sich ohne Schädigung des Pflanzenkörpers schnell in demselben verteilen und dann zur Abwanderung und Abtötung bestimmter Parasiten oder zur Heilung von Krankheiten führen.

Als Impfmittel kamen verschiedentlich Zyanverbindungen, Eisensalze, Quecksilber- und Arsenverbindungen und Auszüge und Säfte von solchen Pflanzen, die von den zu bekämpfenden Schädlingen nur in geringem Maße befallen werden, zur Anwendung. Zuverlässige Ergebnisse erlangte man nur bei der Bekämpfung der Dörrfleckenkrankheit mit Mangansulfat (als Lösung auf Blätter gepinselt) und der Chlorose durch Eisensulfat (Aufnahme durch Wurzel oder Stamm). Alle übrigen Versuche ergaben bisher stets negative oder fragliche, durch Freilandversuche noch zu bestätigende Resultate[1]). Da aber besonders saugende Insekten, wie z. B. Blutlaus, bezüglich der Wirtspflanze sehr sortenbeständig und gegen geringe Zellsaftänderungen der Wirtspflanze (z. B. durch Kalidüngung verursacht) sehr empfindlich sind, liegt die Möglichkeit der Verwendung der inneren Therapie für den Pflanzenschutz vor. Die praktische Verwendbarkeit solcher Impfmittel wird jedoch einmal durch das Fehlen eines ausgebildeten Zirkulationssystems bei der Pflanze, wie es den Tieren eigen ist, sehr erschwert und weiter durch den Umstand höchst fraglich gemacht, daß die Giftempfindlichkeit der zu schützenden Pflanzen fast gleich, oft sogar noch größer ist, als diejenige der zu bekämpfenden Schädlinge.

E. Bewertung der Bekämpfungsmethoden

In vorstehenden Kapiteln sind die in der Schädlingsbekämpfung gebräuchlichen Methoden: Kulturmaßnahmen, biologische Bekämpfung, technische Bekämpfungsmaßnahmen mit physikalischen und chemischen Mitteln zusammengestellt. Wie sind nun die einzelnen Methoden zu bewerten und in welchem Verhältnis stehen sie zueinander?

Der Grundgedanke der Kulturmaßnahmen ist: „Vorbeugen ist besser und billiger als Heilen." Den Kulturmaßnahmen ist daher für die Zukunft die größte Bedeutung zuzusprechen. Von den Kulturmaßnahmen

[1]) Schweizer, G. (Berichte der Dtsch. Botanischen Gesellschaft, Jahrgang 1926, Heft 9, S. 551) gelang es, im Laboratoriumsversuch die Blattrollkrankheit der Kartoffel durch Einführen („Applikation") von Eiweiß und Pepsin zu heilen. Das Verfahren dürfte in der Praxis nicht durchführbar sein.

verspricht insbesondere die Züchtung immuner Sorten in vielen Fällen gute Ergebnisse zu liefern, in denen chemische Mittel oft nicht anzuwenden sind oder nur bei jährlich wiederholter, kostspieliger Anwendung ausreichende Dienste leisten. Bei erfolgreicher Züchtung ist der Anbau bestimmter Kulturpflanzen ohne Schädlinge, bei Verwendung chemischer Mittel nur der Anbau mit Schädlingen möglich.

Die biologische Bekämpfung ist sicherlich ein gutes Hilfsmittel für die Schädlingsbekämpfung, doch ist ihr Erfolg von so vielen, unserem Einfluß nicht unterworfenen Bedingungen abhängig, daß ihre Anwendungsmöglichkeit sehr beschränkt ist.

Die technische Bekämpfung mit physikalischen und chemischen Mitteln umfaßt die zur Zeit wichtigsten Bekämpfungsmethoden. Viele Krankheiten und Schädlinge lassen sich nicht durch Kulturmaßnahmen, erst recht nicht durch biologische Bekämpfungsmaßnahmen beseitigen. Selbst die für die Zukunft wichtigste Methode der Züchtung wird niemals Pflanzensorten bringen, die gegen sämtliche Schädlinge und Krankheiten immun sind und die auch andere notwendige Eigenschaften (Ertrag, Aroma, Säuregehalt, Winterfestigkeit, Lagerfähigkeit, Backfähigkeit usw.) besitzen. Bei der Züchtung immuner Sorten sind in erster Linie diejenigen Schädlinge zu berücksichtigen, gegen welche wirksame und praktisch brauchbare Mittel nicht bekannt sind (Rostkrankheiten, Kartoffelkrebs usw.); es bleiben also noch immer viele Krankheiten bestehen, für die nur technische Bekämpfungsmaßnahmen in Betracht kommen. So werden insbesondere chemische Mittel, z. B. gegen Blattlausbefall und Raupenfraß, gegen Mäusefraß und viele pilzliche Erkrankungen, niemals zu entbehren sein; sie werden daher immer, wenn auch als notwendiges Übel, von allergrößter Bedeutung bleiben.

Kulturmaßnahmen und technische Bekämpfungsmaßnahmen ergänzen einander, indem sie Lücken gegenseitig ausfüllen. Die biologische Bekämpfung und die technischen Bekämpfungsmaßnahmen laufen jedoch oft widereinander. Jede technische Bekämpfungsmaßnahme, die auf eine Vernichtung der Schädlinge hinführt, tötet wahllos gesunde und kranke Schädlinge ab und hemmt so die Selbstregulation der Natur. Außer der Hemmung kann selbst eine Vereitelung der Selbstregulation durch chemische Mittel eintreten. So wird durch Verstäuben von Schwefelpulver die Ausbreitung bakterieller Raupenkrankheiten gehemmt[1]); Schwefel wird in Seidenraupenzuchten daher direkt zur Vorbeugung gegen Raupenkrankheiten

[1]) Gescher: Weinbau und Weinhandel, 43. Jahrg., 1925, Nr. 41.

verwandt. Bei polyederkranken Raupen kann die Verabfolgung von schwach arsenvergiftetem Futter [1]) zu einer Unterdrückung der Krankheit führen. Es ist daher vor jeder Anwendung technischer Bekämpfungsmaßnahmen der Gesundheitszustand der Schädlinge und das Auftreten von Feinden der Schädlinge in Betracht zu ziehen. Wird eine Selbstregulation der Natur nicht beobachtet oder schreitet eine beobachtete Selbstregulation nicht in einer für die Rettung der Kultur geeigneten Schnelligkeit fort oder kann der Mensch durch künstlich durchgeführte biologische Bekämpfung die Regulation nicht im gewünschten Sinne beschleunigen, so bleiben zur Rettung der bedrohten Pflanzenbestände neben Kulturmaßnahmen in erster Linie nur die chemischen Bekämpfungsmittel übrig.

So haben alle drei Bekämpfungsmethoden ihre Berechtigung. Die Zukunft gehört dem, der auf Grund allgemeiner und gründlicher Kenntnisse von allen Gesichtspunkten aus die Bekämpfung durchführt.

F. Organisation der Bekämpfung

Zur Durchführung der Schädlingsbekämpfung ist häufig die Einzelbekämpfung ausreichend. Grundlage einer erfolgreichen Bekämpfung ist es, daß der Praktiker von der Notwendigkeit der Bekämpfung überzeugt ist, dem angewandten Mittel unbedingtes Vertrauen entgegenbringt und dadurch Gewähr leistet für eine gewissenhafte und sachgemäße Ausführung der Bekämpfungsarbeit.

In denjenigen Fällen, in denen die Schädlinge nicht an einen engen Ort gebunden sind, sondern einen größeren Bezirk bedrohen (Ratten, Mäuse, Blutlaus, Raupen, Heuschrecken), ist eine gemeinsame Durchführung der Bekämpfung notwendig. Die Organisation einer solchen gemeinsamen Bekämpfung kann privater Natur sein, indem die in Genossenschaften und Interessengemeinschaften zusammengeschlossenen Praktiker die Durchführung der Bekämpfungsarbeit (Spritzen der Bäume, Beizen des Getreides) gemeinsam durch einen von ihnen beauftragten Baumwart, Beizmeister oder Pflanzenschutztechniker durchführen lassen. Weiterhin können die Praktiker nach englischem Vorbild sich zu sportlich organisierten „Ratten- und Sperlingsklubs" zusammenschließen, in denen die Mitglieder außer der Zahlung von Beiträgen miteinander in Wettbewerb treten, innerhalb einer bestimmten Zeit eine möglichst hohe Anzahl Rattenschwänze oder Sperlingsköpfe abzuliefern, und

[1]) Speyer, W.: Zeitschrift für angew. Entomol., 1925, S. 395.

in denen alljährlich als Abschluß des Wettbewerbs eine Preisverteilung vorgenommen wird [1]).

Eine gemeinsame und großzügige Schädlingsbekämpfung kann weiterhin gefördert werden durch besondere Einrichtungen der großen Interessengemeinschaften und landwirtschaftlichen Körperschaften. So hat die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft Ausschüsse und Unterausschüsse für einzelne Spezialgebiete gebildet, zu deren Mitgliedern sowohl Wissenschaftler dieser Arbeitsgebiete als auch führende und erfahrene Praktiker gehören. Diese Ausschüsse treten zur gemeinsamen Arbeit zusammen, bei der Vorträge über Fragen des Pflanzenschutzes und der Schädlingsbekämpfung gehalten werden, Besprechungen und Aussprachen stattfinden und auch praktische Fragen z. B. die Prüfung von Pflanzenschutzapparaten (Beizmaschinen, Motorspritzen usw.) erledigt werden. Eine zweite für den Pflanzenschutz wichtige Einrichtung der landwirtschaftlichen Körperschaften ist das Anerkennungswesen [2]). Die Sortenanerkennung, die von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft im Jahre 1896 begonnen und auch später von den Landwirtschaftskammern übernommen wurde, will dem Saatgutkäufer das für ihn beste Saat- und Pflanzgut vermitteln und den Saatguterzeuger (Züchter) vor unlauterem Wettbewerb schützen. Die Anerkennung, die als „Saatenanerkennung" u. a. eine Feld- und Speicherbesichtigung und als „Originalanerkennung" außerdem noch eine Prüfung der Zuchtarbeit vorsieht, prüft das Saatgut auf Sortenreinheit, Gesundheitszustand und Freiheit von Unkrautsamen. Das von der Körperschaft erteilte Anerkennungszeugnis berechtigt den Verkäufer, das von diesen Feldern stammende Saat- und Pflanzgut als „anerkannt" in den Handel zu bringen. Im Jahre 1922 wurden nach Erhebungen der Biologischen Reichsanstalt von einer zur Anerkennung angemeldeten Fläche von 207 806,6 ha im ganzen 32 736,7 ha nicht anerkannt, von denen 15 016,2 ha wegen Krankheiten aberkannt wurden. Von der insgesamt nicht anerkannten Fläche wurden wegen Pflanzenkrankheiten aberkannt bei Weizen 61,7 Proz., bei Gerste 42,0 Proz., bei Hafer 44,9 Proz. und bei Kartoffeln 59,7 Proz.

Ebenso wichtig für die Schädlingsbekämpfung im Pflanzenschutz, wie das Anerkennungswesen, sind die Samenkontrollstationen [3]), Untersuchungsstellen, die in Preußen von den Landwirtschaftskammern eingerichtet, in Süddeutschland staatlich sind. Die Begutachtung der

[1]) Vgl. Schwartz: Flugblatt 65 und 66 der Biologischen Reichsanstalt.

[2]) Saaten-Anerkennung. Verlag der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Berlin 1924.

[3]) Nieser, O.: Die Umschau, 1926, Heft 12.

Samenkontrollstellen beschränkt sich nur auf wenige Krankheiten und Mängel (Sortenechtheit, Reinheit und Keimfähigkeit), die man an Saatgut feststellen kann. Die Arbeitsmethoden sind durch die „Technischen Vorschriften für die Untersuchung von Saatgut" nach den Beschlüssen des „Verbandes Landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reich" festgelegt.

Wenn auch die freiwillige Durchführung der Schädlingsbekämpfung durch Interessenverbände und Genossenschaften die beste Form der gemeinsamen Bekämpfung ist und ein polizeilicher Zwang leicht zur Verärgerung, Verheimlichung, zur oberflächlichen Ausführung der Bekämpfungsarbeiten und ungenügenden Durchführung der Bestimmungen infolge der Unwissenheit der die Kontrolle ausführenden Polizeiorgane führen kann, so wird doch aus den Kreisen der Erzeuger und Verbraucher im Interesse sowohl des einzelnen als auch der ganzen Wirtschaft für viele Fälle eine staatlich organisierte und durch Gesetze geregelte einheitliche Bekämpfung gefordert. In allen Kulturstaaten besteht daher heute eine Pflanzenschutzgesetzgebung. In Deutschland sind Reichsgesetze und Reichsverordnungen erlassen worden, die zur Verhinderung der Einschleppung fremder Schädlinge (Koloradokäfer, San José Schildlaus, Kartoffelkrebs) die Einfuhr gewisser Pflanzen verbieten oder die Einfuhr nur unter bestimmten Bedingungen zulassen (Untersuchung der Sendung bei der Ausfuhr an den Verladestationen und bei der Einfuhr an den Zollämtern und Hafenplätzen, Ausstellung von Ursprungs- und Gesundheitszeugnissen) [1]. Weiterhin geben die Reichsgesetze und -verordnungen den Landesregierungen allgemeine Richtlinien, Vorschriften zur Bekämpfung von Schädlingen zu erlassen [2] oder die Verwendung hochgiftiger Stoffe zur Schädlingsbekämpfung durch Landesgesetze zu regeln [3]. Die Landesgesetze und Verordnungen bieten

---

[1] Zusammenstellungen von Einfuhr- und Ausfuhrbestimmungen finden sich bei: Noack: Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich, Berlin 1926, Schwartz und Noack: Gesundheitsbescheinigungen im Kartoffelhandel, Berlin 1926, und Schaller, A.: Reblaus-Gesetze, Berlin 1912.

[2] Auf Grund des Artikels 7, Absatz 8, der Reichsverfassung vom 11. August 1919 (Reichsgesetzblatt 1919, S. 1383) steht dem Reich die Gesetzgebung über den Schutz der Pflanzen gegen Krankheiten und Schädlinge zu. Die Ermächtigung der Landesregierungen zum Erlaß von Verordnungen erfolgte durch Bundesratsverordnung vom 30. August 1917 (Reichsgesetzblatt 1917, S. 745).

[3] Verordnung über die Schädlingsbekämpfung mit hochgiftigen Stoffen vom 29. Januar 1919 (Reichsgesetzblatt 1919, S. 165) und Bekanntmachung zur Ausführung dieser Verordnung vom 17. Juli 1922 (Reichsgesetzblatt 1922, I, S. 630). — Den

dann ihrerseits wieder die Grundlage zum Erlaß von Polizeiverordnungen (z. B. zur Vernichtung von Unkräutern, Blutlaus, Ratten, Raupen) [1]).

Die Gesetzgebung zur Verhinderung der Einschleppung von Schädlingen durch die Regelung der Einfuhr hat oft Kritik erfahren müssen. Wenn es auch infolge des immer stärker werdenden Weltverkehrs und der Unzahl der damit verbundenen Einschleppungsmöglichkeiten auf die Dauer nicht möglich sein wird, einen Schädling aus einem ihm zur Entwicklung günstigen Lande durch Einfuhrverbote und Einfuhrkontrollen fernzuhalten, so ist es für das Volksvermögen eines Landes doch sehr wichtig, ob das Land einen Schädling 100 Jahre früher oder später bekommt, d. h. ob es die durch den Schädling bedingten Verluste und die für die Bekämpfung erforderlichen, die Unkosten der Einfuhrkontrolle bei weitem übertreffenden Ausgaben in dieser Zeit sparen kann. Dieser praktische Standpunkt wird insbesondere in den Vereinigten Staaten von Amerika vertreten und der theoretischen Erörterung über Möglichkeit völligen Fernhaltens durch Einfuhrkontrollen unbedingt vorgezogen. Die Kontrolle der vom Ausland eingeführten Pflanzensendungen wird dort mit großer Strenge durchgeführt. Selbst innerhalb der Vereinigten Staaten werden in den Einzelstaaten je nach Bedarf durch Schädlinge stark bedrohte Bezirke als Sperrgebiete erklärt, bei denen durch breite, quer über die Fahrstraßen angebrachte Warnungsschilder und an den Wegen angebrachte Warnungstafeln die Grenzen angezeigt werden und durch Warnungs- und Aufklärungsplakate an den Bahnhöfen auf die Sperrgebiete aufmerksam gemacht wird. Die Sperrgebiete werden Tag und Nacht durch Posten bewacht, die an den Grenzen Fußgänger und Auto- und Wagenverkehr kontrollieren. Die auf Übertretung der Absperrungsbestimmungen festgesetzten Strafen sind in der Regel recht hoch; so betrugen die Strafen für Übertretung der Absperrungsvorschriften bei der Bekämpfung des Maiszünslers bis zu 5000 Dollar Geldstrafe oder ein Jahr Gefängnis.

Daß Einfuhrverbote, die ausdrücklich zur Verhinderung der Einschleppung fremder Schädlinge erlassen sind, oft in Wirklichkeit mehr den Schutz der eigenen, durch Einfuhr bedrohten Produktion als die Ab-

---

Vertrieb von giftigen Pflanzenschutzmitteln durch Vertriebsstellen des amtlichen Pflanzenschutzes und landwirtschaftliche Körperschaften regelt in Preußen die Polizeiverordnung vom 14. August 1924 (Reichsanzeiger vom 19. August 1924, Nr. 195 und Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen, Nr. 1, S. 2) und vom 8. Sept. 1925 (Preußischer Staatsanzeiger 1925, Nr. 213, und Amtl. Pflanzenschutzbestimmungen, Nr. 4, S. 55).

[1]) Z. B. in Preußen das Feld- und Forstpolizeigesetz vom 1. April 1880 in der Fassung vom 27. Februar 1926, § 30 (Preußische Gesetzsammlung 1926, S. 83).

haltung der Schädlinge bezwecken können, insbesondere, wenn der Schädling in dem betreffenden Lande schon heimisch ist, sei nur kurz erwähnt.

In besonders dringenden Fällen kann in den einzelnen Ländern die Organisation und Durchführung der Bekämpfung durch den Staat selbst erfolgen. So wird in Deutschland die Reblausbekämpfung (vgl. S. 335—339) nur vom Staate durchgeführt; bei den bisherigen Koloradokäfer-Einschleppungen in Deutschland (Mühlheim a. R. 1877, Torgau 1877 und 1888, Lohe (Kreis Meppen) 1887, Stade 1914) wurden die Schädlinge durch staatlich organisierte Bekämpfungsmaßnahmen restlos vernichtet; Bayern hat seinen staatlichen Bisamrattenbekämpfungsdienst[1]) mit bezirksweise eingestellten amtlichen Bisamjägern. Wird die Bekämpfung vom Praktiker durchgeführt, so kann der Staat zur Erleichterung und zur Ermöglichung einer einheitlichen und durchgreifenden Bekämpfung bei wirtschaftlicher Notlage der Praktiker Zuschüsse gewähren; so wurde im Jahre 1926 in Deutschland wirtschaftlich schwachen Winzern durch Reichsgelder der Bezug der teueren Rebschädlingsbekämpfungsmittel ermöglicht. Wird zur Bekämpfung volkswirtschaftlich wichtiger Schädlinge (Reblaus, Koloradokäfer) die Anwendung eines Radikalverfahrens, d. h. die Vernichtung der Schädlinge zusammen mit dem gesamten Pflanzenbestand und der ganzen Ernte, vom Staate als notwendig erkannt und zwangsweise durchgeführt, so werden den betreffenden Praktikern Entschädigungen gezahlt. Die Höhe dieser Entschädigungen ist nicht leicht festzusetzen; sie darf nicht zu niedrig sein, um die Unterlassung der Anmeldepflicht und das Geheimhalten des Befalles nicht zu begünstigen, und nicht zu hoch sein, um ein Streben zur Erlangung der Entschädigungen durch künstliche Einfuhr und Einbürgerung zu verhindern.

Die internationale Bedeutung einiger Schädlinge und die Beeinflussung des Welthandels durch den Erlaß von Ein- und Ausfuhrbestimmungen haben Veranlassung gegeben, daß viele Staaten zu einer internationalen Verständigung kamen, indem sie einerseits die Bekämpfung wichtiger Schädlinge (z. B. Olivenfliege)[2]) nach einheitlichen Gesichtspunkten durchführten, andererseits durch gegenseitige Anerkennung der amtlichen Pflanzenschutzorganisationen Erleichterungen für die Ein- und Durchfuhr von Pflanzensendungen zuließen. Die wichtigste

[1]) Pustet: Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, 3. Jahrg. 1925, S. 35.

[2]) Vgl. Trappmann, W.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1924, S. 81.

internationale Vereinbarung ist die sog. Internationale Reblauskonvention, die am 3. November 1881 durch Zusammentritt von Deutschland, Österreich-Ungarn, Frankreich, Portugal und der Schweiz gebildet wurde, und der zur Zeit außer den obengenannten Staaten noch die Tschechoslowakei, Belgien, Luxemburg, Holland, Jugoslawien, Italien, Spanien und Rumänien angehören. Die der Konvention beigetretenen Staaten verpflichten sich, ihre innere Gesetzgebung [1]) zu vervollständigen, um ein gemeinsames und wirksames Vorgehen gegen die Einschleppung und Verbreitung der Reblaus zu sichern. Die Gesetzgebung sieht vor:

1. Die staatliche Überwachung aller Rebanlagen und Untersuchung und Nachforschungen nach der Reblaus, um dieselbe, soviel wie möglich, zu vernichten,
2. Genaue Feststellung der einzelnen Reblausherde,
3. Regelung der Ein- und Ausfuhr von Reben sowie von Pflanzen und Sträuchern des Gartenbaues,
4. Vorschriften für den Fall der Verletzung der angeordneten Maßnahmen.

Weiterhin verpflichten sich die Staaten zur gegenseitigen Mitteilung der zur Reblausbekämpfung erlassenen Gesetze, Verordnungen und Ausführungsbestimmungen, zur unverzüglichen Anzeige eines jeden neu aufgetretenen Reblausherdes, zur jährlichen kartenmäßigen Bekanntgabe der befallenen und verdächtigen Bezirke und zum Austausch der Ergebnisse wissenschaftlicher Forschungen sowie der Erfahrungen und praktischen Bekämpfungsmethoden, welche auf dem Gebiete der Reblausbekämpfung gemacht bzw. angewandt worden sind.

Eine ähnliche Bedeutung für die Aus-, Ein- und Durchfuhr, wie die Reblaus, hat der Kartoffelkrebs gefunden, indem auch für Kartoffelsendungen eine gegenseitige Anerkennung der von den amtlichen Pflanzenschutzorganisationen ausgestellten Ursprungs- und Gesundheitszeugnisse erfolgt ist [2]).

Zur Erleichterung der internationalen Zusammenarbeit ist in Rom ein Internationales Landwirtschaftliches Institut errichtet, in welchem die meisten Staaten vertreten sind.

Sowohl die Notwendigkeit der einheitlichen Bearbeitung von Pflanzenschutzfragen innerhalb der einzelnen Länder als auch die für den Welthandel erforderliche internationale Zusammenarbeit hat in jedem Kultur-

---

[1]) Schaller, A.: Reblausgesetze, Verlag von Parey, Berlin 1912; Noack, M.: Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich, Berlin 1926.

[2]) Schwartz, M. und Noack, M.: Gesundheitsbescheinigungen im Kartoffelhandel, Berlin 1926.

staat einen staatlich organisierten Pflanzenschutzdienst geschaffen. Als Reichsforschungsinstitut und Reichsbehörde kommt für Deutschland die dem Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft unterstellte Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem[1]) in Frage, deren Aufgaben darin bestehen, als Forschungsinstitut ihr Arbeitsgebiet (Erforschung und Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlingen) wissenschaftlich zu erschließen und die Forschungsergebnisse der Praxis nutzbar zu machen, als Reichsbehörde in Fragen ihres Arbeitsgebietes die Reichsregierung zu beraten und insbesondere die für die Pflanzenschutzgesetzgebung notwendigen wissenschaftlichen und technischen Unterlagen zu geben. Zur planmäßigen Bearbeitung des Arbeitsgebietes sind innerhalb der Biologischen Reichsanstalt einzelne Laboratorien geschaffen, in denen, entweder nach den Grundwissenschaften, die Lösung zoologischer, botanischer und chemischer und bakteriologischer Fragen angestrebt wird oder, nach den Kulturpflanzen geordnet, die Krankheiten und Schädlinge des Getreides, der Rüben, der Gemüse-, Handels- und Zierpflanzen, des Obstes und der Rebe und der Forstpflanzen nach der wissenschaftlichen und für die Bekämpfung praktischen Seite hin bearbeitet werden. Zur Lösung allgemein wichtiger Fragen sind noch zu nennen: das Laboratorium für allgemeinen Pflanzenschutz, für Sortenkunde, für Speicher- und Vorratsschädlinge, für praktische Bodenbakteriologie, für praktische landwirtschaftliche Chemie, für Phänologie und Meteorologie und die Prüfstelle für Pflanzenschutzmittel. In Gebieten mit einheitlichem Pflanzenbau unterhält die Biologische Reichsanstalt auswärtige Zweigstellen, so für Obst- und Weinbau und Rebenveredelung in Naumburg a. S., für Gemüse- und Zierpflanzen in Aschersleben, für Weinbau in Bernkastel-Cues, für Obstbau in Stade und für Getreide- und Futterpflanzenbau in Kiel. Zur Bearbeitung dringender Einzelfragen werden im Reich nach Bedarf fliegende Stationen eingerichtet (z. B. zur Bekämpfung der Nonne, der Rübenfliege, des Maiszünslers usw.), an denen die Arbeiten zur Erforschung der Biologie des betreffenden Schädlings und zur Ausarbeitung praktisch durchführbarer Methoden durchgeführt werden. Die Forschungsergebnisse der Biologischen Reichsanstalt werden in erster Linie in den von der Biologischen Reichsanstalt herausgegebenen Veröffentlichungen (Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt, Flugblätter, Merkblätter, Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst) bekanntgegeben.

---

[1]) Vgl. Schwartz, M.: Flugblatt 71 der Biologischen Reichsanstalt.

Außer dieser Reichsbehörde sind in den Deutschen Einzelstaaten Pflanzenschutzorganisationen geschaffen worden, die ihren Mittelpunkt in den von den Ländern oder, wie in Preußen, in jeder preußischen Provinz von den Landwirtschaftskammern eingerichteten Hauptstellen für Pflanzenschutz (oder Anstalten für Pflanzenschutz) finden. Die Hauptstellen sind entweder selbständige Anstalten oder Abteilungen an Hochschulen oder an forstlichen oder landwirtschaftlichen Instituten. Neben selbständiger Forschungsarbeit üben sie innerhalb ihrer Arbeitsbezirke den praktischen Pflanzenschutz durch ständige Beobachtung, Vorträge, Lehrgänge, Veröffentlichungen und kostenlose Auskunftserteilung aus. Die Hauptstellen richten innerhalb ihrer Arbeitsbezirke nach Bedarf Bezirksstellen ein, die meist landwirtschaftlichen Schulen oder Winterschulen angeschlossen sind, und die zusammen mit ihren, in den einzelnen Gemeinden sitzenden Vertrauensmännern die Hauptstellen in praktischen Pflanzenschutzarbeiten unterstützen. Zuverlässige Leute, die durch Beruf oder Neigung den Fragen des Pflanzenschutzes nahestehen oder zu Landwirtschaft und Gartenbau Beziehungen haben, kommen für das Amt der Vertrauensmänner in Frage.

Die zur Zeit 30 deutschen Hauptstellen für Pflanzenschutz[1]) sind unter der Leitung der Biologischen Reichsanstalt zum amtlichen Deutschen Pflanzenschutzdienst[2]) zusammengeschlossen. Zur Beratung in allen Angelegenheiten des Deutschen Pflanzenschutzdienstes treten die Leiter der Hauptstellen mit der Biologischen Reichsanstalt und weiteren Fachleuten des Pflanzenschutzes zu einer von einem Arbeitsausschuß vorbereiteten Hauptversammlung zusammen.

Die Aufgaben des Pflanzenschutzdienstes sind mannigfaltig. Außer der beratenden, aufklärenden und Auskunft erteilenden Tätigkeit sind die Mittelprüfung, der phänologische Reichsdienst, der Vorhersage- und Überwachungsdienst, die Pflanzenschutzstatistik und der Pflanzenbesichtigungsdienst besonders wichtig.

Die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln[3]) soll sowohl den Verbraucher vor schlechten Pflanzenschutzmitteln als auch die reell arbeitende Pflanzenschutzmittelindustrie vor unlauterer Konku-

[1]) Ein Verzeichnis der Deutschen Hauptstellen für Pflanzenschutz mit Angabe ihrer Befugnisse hinsichtlich der Untersuchung von Pflanzensendungen bei der Ein- und Ausfuhr ist im Merkblatt Nr. 4 des Deutschen Pflanzendienstes (zu beziehen von der Biolog. Reichsanstalt, Berlin-Dahlem) zusammengestellt.

[2]) Schwartz, M.: Der Deutsche Pflanzenschutzdienst. Flugbl. 71 der Biol. Reichsanstalt.

[3]) Vgl. Riehm, E.: Angewandte Botanik, 1927, 9. Bd., S. 281.

renz schützen. Zur Zeit werden die Pflanzenschutzmittel nach erfolgreicher Vorprüfung an der Biologischen Reichsanstalt oder einer Hauptstelle in den Reichsversuchen des Deutschen Pflanzenschutzdienstes an einer Reihe von Hauptstellen unter verschiedenen Klima- und Bodenverhältnissen geprüft. Zur Prüfung ist die vertrauliche Mitteilung der Zusammensetzung des Mittels nach Art und Menge der Bestandteile an die „Prüfstelle für Pflanzenschutzmittel" der Biologischen Reichsanstalt und die Zahlung einer Prüfungsgebühr [1]) notwendig. Diejenigen Mittel, welche in der Reichsprüfung sich als brauchbar erwiesen haben, werden im Pflanzenschutzmittelverzeichnis [2]) des Deutschen Pflanzenschutzdienstes zusammengestellt und veröffentlicht.

Der Deutsche phänologische Reichsdienst [3]) an der Biologischen Reichsanstalt ist eine Organisation, welche die allgemeine und spezielle Schädlingsphänologie bearbeitet, d. h. welche die im ganzen Reich beobachteten und gemeldeten Schädigungen und Krankheiten der Kulturpflanzen nach Möglichkeit auf die ihr Auftreten verursachenden Witterungsverhältnisse zurückführt, um dadurch neue Handhaben zur Bekämpfung der Schädlinge zu gewinnen. Der phänologische Reichsdienst arbeitet zusammen mit Vertrauensmännern, die über das ganze Reich verteilt sind und welche durch ein Meldekartensystem ihre Beobachtungen der Biologischen Reichsanstalt einsenden. — In welchem Maße phänologische Beobachtungen ausgewertet werden können, zeigen die Vereinigten Staaten von Amerika. Dort sind phänologische Karten ausgearbeitet worden, aus denen errechnet wird, um wieviel früher oder später an einem Ort eine phänologische Erscheinung, z. B. das Auftreten eines schädlichen Insektes, zu erwarten ist, als in einem anderen Ort. Es genügt also, von einem Ort das Erscheinen des Schädlings zu wissen, um es für viele Orte des ganzen Landes mit einer bestimmten Sicherheit voraussagen zu können. So geben die phänologischen Beobachtungen die Grundlage für den Vorhersagedienst.

In Deutschland hat der Vorhersagedienst im Weinbau als Peronosporavorhersagedienst die größte Bedeutung gewonnen. Auf Grund jahrelanger Beobachtungen der Abhängigkeit des Peronosporaauftretens von der Witterung hat zuerst K. Müller im Badischen Weinbauinstitut einen Inkubationskalender herausgegeben, der auf Grund der Wetterbeobachtung das Auftreten der Peronospora vorausbestimmen läßt. Der

---

[1]) Prüfungsgebühren werden im Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst veröffentlicht, letzte Bekanntgabe 4. Jahrg., S. 78—80 u. Jahrg. 6, S. 33.

[2]) Vgl. Nachrichtenblatt, 7. Jahrg., 1927, S. 19 und Merkblatt Nr. 7.

[3]) Werth, E.: Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzd., 1921, S. 18.

zuerst in Baden, später auch in anderen deutschen Weinbaugebieten eingerichtete Peronospora-Vorhersagedienst[1]) arbeitet mit einem Meldekartensystem, bei welchem die in den verschiedenen Bezirken sitzenden Vertrauensmänner regelmäßig auf Meldekarten alle für das Auftreten von Schädlingen bedeutungsvollen Niederschläge und alle Beobachtungen über Schädlinge den zuständigen Weinbauinstituten melden. Auf Grund der kartenmäßigen Verarbeitung der eingegangenen Meldungen wird das erste Auftreten der Peronospora errechnet und die Termine für die Ausführung einer wirksamen Bekämpfung durch Zeitungen, Bezirksämter und Bürgermeisterämter bekannt gegeben. Für das Spritzen gegen Heu- und Sauerwurm und das Schwefeln gegen Rebenmehltau ist der eingerichtete Vorhersagedienst gleichfalls bald benutzt worden. — Auch für die Hessenfliege ist im Staate Ohio seit einigen Jahren ein sogenannter Hessenfliegen-Überwachungsdienst[2]) eingerichtet worden, bei welchem zahlreiche, über das ganze Land verteilte Beobachtungsstationen die für die einzelnen Gegenden günstigen Aussaatzeiten bekannt geben. — In waldreichen Gegenden Nordamerikas ist ferner während der trockenen Jahreszeit ein in ständiger Alarmbereitschaft stehender Überwachungsdienst zur Verhinderung von Waldbränden eingerichtet worden, bei welchem die großen Waldbestände von hohen Türmen oder vom Flugzeug aus überwacht werden.

Mit der Organisation des Deutschen Pflanzenschutzdienstes ist ein weiteres Meldesystem verknüpft, welches durch Sammeln von Einzelbeobachtungen, die in allen Teilen des Reiches von Vertrauensmännern gemacht und der Biologischen Reichanstalt eingeschickt werden, die allmähliche Schaffung einer Pflanzenschutzstatistik anstrebt. Ziel der Pflanzenschutzstatistik ist es, auf Grund erschöpfender, zahlenmäßig festgelegter Massenbeobachtungen alle Zustände und Erscheinungen des Auftretens von Krankheiten und Schädlingen der Kulturpflanzen für die Zwecke des Pflanzenschutzes klarzustellen[3]). Die Schwierigkeit und häufige Unmöglichkeit der zahlenmäßigen Feststellung der Beobachtungen und ihr Ersatz durch schätzungsweise Bewertung, die durch die Abhängigkeit der Schädlinge von örtlichen, klimatischen und geologischen Verhältnissen notwendige Einrichtung vieler Beobachtungsstellen und der Mangel an einer ausreichenden Anzahl genügend vorgebildeter Ver-

---

[1]) Müller, K.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 1922, S. 251; Rabanus, A.: Weinbau und Kellerwirtschaft, 1922, S. 103.

[2]) Gossard und Parks: Journal of econom. Entomol., 1921, Vol. 14, S. 53.

[3]) Vgl. Schwartz, M.: Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst, 1. Jahrg., 1921, S. 3.

trauensmänner machten eine zuverlässige Pflanzenschutzstatistik bisher unmöglich. Durch die in Deutschland gesammelten und in den Jahresberichten der Biologischen Reichsanstalt fortlaufend veröffentlichten Beobachtungen werden jedoch gute Übersichten gegeben, die das Auftreten und die Bedeutung der einzelnen Schädlinge und Krankheiten erkennen lassen. Die Ergebnisse für die wichtigsten Schädlinge (z. B. Feldmäuse, Fritfliege, Maikäfer, Bisamratte) werden zu kartographischen Übersichten verarbeitet, die die Stärke und den Umfang des Auftretens und in jährlicher Aufeinanderfolge die Zu- und Abnahme der Verbreitung erkennen lassen und dadurch innerhalb gewisser Grenzen eine Vorhersage ermöglichen, in welchen Gebieten in nächster Zukunft mit Schädlingsplagen zu rechnen ist.

Ein besonderer Zweig des Pflanzenschutzdienstes ist der Pflanzenschutzbesichtigungsdienst, der die mit der Untersuchung der ein- und auszuführenden Pflanzensendungen beauftragten Pflanzenschutzsachverständigen: die Biologische Reichsanstalt mit ihren Zweigstellen, die Hauptstellen für Pflanzenschutz und besondere, von den Landesregierungen ernannte Sachverständige umfaßt. Nur diese amtlichen Sachverständigen sind zur Ausstellung der in den gesetzlichen Aus- und Einfuhrbestimmungen geforderten Ursprungs- und Gesundheitszeugnisse berechtigt [1]).

Sehr viele Auslandsstaaten haben ihre amtlichen Pflanzenschutzorganisationen durch Schaffung eines allgemeinen Pflanzenschutzgesetzes und eines Pflanzenschutzmittelgesetzes ausgebaut. Leider konnte in Deutschland dieser Schlußstein, durch den der staatlichen Organisation erst das feste Gefüge gegeben wird, infolge der Nachkriegsverhältnisse nicht gelegt werden. Die allgemeinen Pflanzenschutzgesetze geben der Regierung bzw. einem Ministerium die Ermächtigung, alle Maßnahmen zu ergreifen, die geeignet sind, die Einschleppung gefährlicher Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge zu verhüten und im Lande auftretende Pflanzenkrankheiten und Schädlinge zu bekämpfen. Die angeordneten Maßnahmen müssen vom Eigentümer oder Nutznießer durchgeführt werden, oder sie werden im Weigerungsfall auf Kosten der Eigentümer und Nutznießer getroffen. Zur zwangsweisen

[1]) Über die zur Zeit geltenden Aus- und Einfuhrbestimmungen unterrichten: Noack: Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich, Berlin 1926; Schwartz und Noack: Gesundheitsbescheinigungen im Kartoffelhandel, Berlin 1926; Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen: Nr. 1—9 und fortlaufend als Beilagen zum Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst.

Durchführung der Verordnungen stehen dem eingesetzten Überwachungsdienst die zuständigen Polizeibehörden zur Verfügung. — Die u. a. in der Schweiz, in England, Italien, Brasilien, Australien und in den Vereinigten Staaten von Amerika erlassenen Pflanzenschutzmittelgesetze versuchen in verschiedener Weise dem Schundmittelunwesen im Handel mit Pflanzenschutzmitteln Einhalt zu tun. Während in Amerika, Italien und England bei der Regelung der Herstellung und des Verkaufs in erster Linie auf die Angabe und Einhaltung der chemischen Zusammensetzung Wert gelegt wird, geht die Schweiz in ihrem Pflanzenschutzmittelgesetz weiter. Nach dem schweizerischen Gesetz ist für die gewerbsmäßige Herstellung und den Vertrieb die staatliche Genehmigung notwendig. Die Genehmigung wird erteilt, wenn die Wirksamkeit des Mittels erwiesen, und wenn ein Bedürfnis für das Mittel vorliegt. Bei der Stellung des Antrages müssen die Zusammensetzung des Mittels, der garantierte Minimalgehalt an wirksamer Substanz und die Krankheit oder der Schädling, gegen welche das Mittel wirksam ist, angegeben werden. Von den staatlichen Stellen wird in der Schweiz sogar auf die Preisgestaltung eingewirkt und gegen Ausbeutungsversuche eingeschritten.

In Deutschland ist ein Pflanzenschutzmittelgesetz bisher nur im Freistaat Sachsen durchgeführt worden. Der staatliche sächsische Pflanzenschutzdienst hat seine durch besondere Schilder kenntlichgemachten amtlichen Verkaufsstellen, in denen nur solche Mittel verkauft werden dürfen, die zum Handel zugelassen sind und deren Zusammensetzung öffentlich bekannt oder der die Kontrolle ausübenden Landesanstalt für Pflanzenschutz in Dresden vertraulich mitgeteilt ist. Ein weiterer Verkauf von Pflanzenschutzmitteln ist verboten. — Es wäre wünschenswert, wenn es sich bald ermöglichen ließe, das schon lange vorbereitete und für das ganze Reichsgebiet gültige Pflanzenschutzgesetz und Pflanzenschutzmittelgesetz zur Durchführung zu bringen, um endlich einmal die bisher noch lückenhafte Organisation des Deutschen Pflanzenschutzdienstes auszubauen und zu festigen und weiterhin durch das Pflanzenschutzmittelgesetz Verbraucher und Händler gegen Übervorteilung und minderwertige Ware und den reellen Fabrikanten gegen minderwertige Konkurrenzpräparate zu schützen.

Zur Organisation des Pflanzenschutzes im weiteren Sinne gehört endlich noch die Ausbildung der Phytopathologen, d. h. derjenigen Arbeitskräfte, die einerseits die Pflanzenschutzforschung betreiben und so die wissenschaftlichen Unterlagen und das Rüstzeug zur Bekämpfung liefern, und die andererseits den Pflanzenschutzdienst aufbauen und damit die Organisation erst ermöglichen. Die zur Zeit im Deutschen Pflanzenschutzdienst tätigen Phytopathologen erhielten in überwiegender

Mehrzahl ihre Ausbildung auf den Universitäten, wo sie Naturwissenschaften studierten; nach Ablegung des Doktorexamens und auch oft des philologischen Staatsexamens wandten sie sich dann dem ihnen bis dahin völlig fremden Pflanzenschutz zu. Entspricht diese Ausbildung heute noch den Forderungen, die an die Ausbildung tüchtiger Phytopathologen gestellt werden müssen?

Als Phytopathologen kommen in erster Linie nur Biologen in Betracht. Eine grundsätzliche Einteilung der Phytopathologen in „angewandte" Botaniker und „angewandte" Zoologen oder gar Entomologen ist abzulehnen[1]). Der Hauptzweck des Pflanzenschutzes ist die Heilung der Pflanze. Der Pflanzenarzt hat daher in genau derselben Weise die Diagnose zu stellen wie der Humanmediziner, der auch keine Spezialisierung nach Krankheitserregern kennt und nur in schwierigen Fällen den Spezialarzt hinzuzieht. Neben allgemein praktischen Gründen, wie kombinierte chemische Bekämpfung mit fungiziden und insektiziden Mitteln, Anwendung allgemeiner Kulturmaßnahmen, Gesetzgebung, Ein- und Ausfuhrkontrolle, verlangen andere Gründe, wie Pflanzenzüchtung, Immunität der Pflanzen, Spezialisierung, Virulenz und Wirtswechsel der Parasiten, eine einheitliche, grundlegende biologische Ausbildung der Phytopathologen. Die Größe des Arbeitsgebietes macht es später notwendig, sich zu spezialisieren und sich der zoologischen oder botanischen Seite mehr zuzuwenden, ohne aber die andere Seite ganz zu vernachlässigen. Die Ausbildungsmöglichkeiten für praktische Biologen, die für den Pflanzenschutz geeignet waren, waren bisher in Deutschland sehr gering. Die deutschen technischen Hochschulen haben seit vielen Jahren die tüchtigsten Ingenieure und Baumeister, unsere juristischen Fakultäten die gewandtesten Rechtsanwälte, unsere medizinischen Fakultäten die besten Ärzte ausgebildet, nur die biologischen Wissenschaften haben es bisher versäumt, den dringenden Tagesfragen des praktischen Lebens irgendwie gerecht zu werden. Es wurden systematische, entwicklungsgeschichtliche, histologische und morphologisch-anatomische Arbeiten gemacht, aber alle biologischen und ökologischen Fragen gemieden, sobald ein praktischer Endzweck (Bekämpfung) damit verbunden war. Die Zeiten sollten endlich vorüber sein, wo man phytopathologische Arbeiten wegen ihres praktischen Endzweckes nicht oder wenig beachtete, wo aber oft die Wissenschaftlichkeit anderer Arbeiten nach der Schwierig-

[1]) In Amerika werden als Phytopathologen nur die „angewandten" Mykologen oder „angewandten" Botaniker bezeichnet; neben ihnen arbeiten die „angewandten" Entomologen. Grenzgebiete, wie die der Nematoden, Mollusken, Nagetiere usw., werden dadurch stark vernachlässigt.

keit der angewandten Fixierungs- und Färbungsmethode beurteilt wurde. Die neue, durch die Zeitverhältnisse uns aufgezwungene Arbeitsrichtung fordert Arbeitskräfte, die trotz gründlichster Ausbildung in den biologischen Grundwissenschaften und Arbeitsmethoden und trotz größter Spezialisierung doch den Blick für große, allgemeine biologische Zusammenhänge und ihre praktische Bedeutung für den Einzelmenschen und für die Volkswirtschaft nicht verloren haben.

Als Phytopathologen kommen nur die „angewandten" Biologen, nicht die „reinen" Zoologen und „reinen" Botaniker in Betracht[1]). Ebenso wie ein Mensch, der an einem Bandwurm leidet, zu einem Arzt und nicht zu einem Zoologen geht, ebenso kann ein Praktiker keine sichere Auskunft über die Bekämpfung einer bakteriellen oder pilzlichen Erkrankung einer Pflanze von einem reinen Botaniker erhalten. Damit zerfällt die Ausbildung des Phytopathologen in ein Vorstudium zur gründlichen Ausbildung in den reinen biologischen Wissenschaften und in ein Fachstudium zur Ausbildung in den angewandten biologischen Wissenschaften und praktischen Lehrfächern des Pflanzenschutzes. Als Fächer für das Vorstudium kommen Botanik, Mykologie, Bakteriologie, Zoologie (insbesondere Entomologie), Chemie, Physik und Vererbungslehre, für das Fachstudium allgemeine Pflanzenpathologie, allgemeine Bekämpfungslehre, angewandte Zoologie (insbesondere Entomologie), angewandte Botanik (insbesondere Mykologie und Bakteriologie) in Betracht. Als Nebenfächer müßte der junge Phytopathologe noch Ackerbaulehre, Düngungslehre, Phänologie, Klima- und Witterungskunde wählen können. Für die Höhe der allgemeinen Ausbildung des Phytopathologen kann weder die vom Mediziner erreichte Ausbildung bis zum medizinischen Vorexamen (Physikum) noch die bisher sehr lückenhafte biologische Ausbildung der Landwirte auf den landwirtschaftlichen Hochschulen gelten; es ist für die Phytopathologen die gleiche gründliche Durchbildung zu erstreben, wie sie auf den Universitäten vom Kandidaten des höheren Lehramtes in den für die Oberstufe abgelegten biologischen Prüfungsfächern verlangt wird. Besonders die in Amerika mit ausreichender Fachausbildung, aber ungenügender biologischer Vorbildung gemachten schlechten Erfahrungen

[1]) Die Bezeichnungen „reiner" und „angewandter" Biologe (Zoologe, Botaniker) sind unschön, sie haben sich aber für die beiden Arbeitsrichtungen (einerseits wissenschaftliches Arbeiten nur der Wissenschaft halber, andrerseits wissenschaftliches Arbeiten der Wissenschaft und eines praktischen, wirtschaftlich wichtigen Endzieles halber) eingebürgert. Für die zoologische und botanische Wissenschaft sind beide Arbeitsrichtungen in gleicher Weise wichtig; ihre sich ergänzende Zusammenarbeit sollte daher durch keine falsche gegenseitige Bewertung und Einschätzung erschwert oder gehemmt werden.

sollten wir beherzigen und die bisher der deutschen Wissenschaft nachgerühmte, nur durch gute Vorbildung ermöglichte Gründlichkeit nicht gegen Oberflächlichkeit eintauschen.

Das Vorstudium kann durch ein Vorexamen, das Fachstudium durch ein Staatsexamen abgeschlossen werden. Außerdem ist anzustreben, daß der Phytopathologe durch Anfertigung einer Doktorarbeit, die den auf den Universitäten geltenden Forderungen genügt, seine Fähigkeit zu selbständiger Arbeit nachweist. Zur Durchführung dieses Programmes ist die Schaffung von Lehrstühlen für Pflanzenschutz, für angewandte Botanik und angewandte Zoologie an den Universitäten und Hochschulen erforderlich, wie sie in Amerika in großer Menge bestehen, in Deutschland jedoch noch sehr spärlich sind.

Außer den eigentlichen Phytopathologen müssen weitere Arbeitskräfte als Chemiker, Landwirte usw. gewonnen werden, die ihre Ausbildung in der bisher üblichen Weise erhalten und ausreichendes biologisches Verständnis besitzen, daß sie an der Lösung der wissenschaftlichen und praktischen Fragen des Pflanzenschutzes mitarbeiten können.

Verzeichnis der Abbildungen

		Seite
Abb. 1.	v. Berlepsche Nisthöhlen. (Nach Speyer.)	73
Abb. 2.	Leimringe an Pflaumenbaum und Stützpfahl. (Nach H. Thiem.)	78
Abb. 3.	Sperlingscher Fangapparat. (Nach Baunacke.)	83
Abb. 4.	Paulyscher Fangwagen.	83
Abb. 5.	Königs zweirädriger Käferfangwagen. (Nach Ludwigs und Schmidt.)	84
Abb. 6.	Tragbarer Hänßlerscher Fangapparat. (Nach Ludwigs und Schmidt.)	84
Abb. 7.	Tönerne Sperlingsfalle. (Nach M. Schwartz.)	89
Abb. 8.	Flammenwerfer. (Platz.)	97
Abb. 9.	Appel-Gaßnerscher Beizapparat.	105
Abb. 10.	Schema des Appel-Gaßnerschen Beizapparates. (Nach E. Riehm.)	105
Abb. 11.	Stalagmometer. (Nach I. Traube.)	161
Abb. 12.	Zweischenkel-Flockungsmesser.	163
Abb. 13.	Handspritzen, die untere Spritze mit Behälter für die Spritzflüssigkeit. (Altmann.)	171
Abb. 14.	Rückenspritze mit Membranpumpe und Rührwerk. (Holder.)	172
Abb. 15.	Rückenspritze mit Kolbenpumpe und Rührwerk. (Holder.)	173
Abb. 16.	Schema einer Rückenspritze mit Kolbenpumpe. (Holder.)	173
Abb. 17.	Kleine Faßspritze. (Platz.)	174
Abb. 18.	Faßspritze mit Kolbenpumpe und Rührwerk. (Holder.)	174
Abb. 19.	Hederichspritze mit doppeltwirkender Plungerpumpe und Antrieb durch Laufrad. (Platz.)	174
Abb. 20.	Motorbaumspritze. (Holder.)	175
Abb. 21.	Schema einer selbsttätigen Rückenspritze. (Holder.)	176
Abb. 22.	Selbsttätige Rückenspritze. (Platz.)	176
Abb. 23.	Kleine selbsttätige Handspritze. (Holder.)	176
Abb. 24.	Batteriespritze. (Holder.)	177
Abb. 25.	Füllpumpe mit Batteriespritzen in Betrieb. (Platz.)	178
Abb. 26.	Handfüllpumpe Klein-Rapid. (Platz.)	179
Abb. 27.	Motor-Füllpumpe. (Holder.)	180
Abb. 28.	Motor-Füllpumpe. (Platz.)	181
Abb. 29.	Nadelzerstäuber (a), Scheibenzerstäuber (b), Eichelzerstäuber (c).	183
Abb. 30.	Selbsttätige Rückenspritze mit Verlängerungsrohr. (Holder.)	184
Abb. 31.	Kombinationsstern	252
Abb. 32.	Stäubebeutel für Arsenverstäubung. (Nach Blunck und Janisch.)	259
Abb. 33.	Schleppe mit 8 Stäubebeuteln. (Nach Blunck und Janisch.)	260

Seite

Abb. 34. Handverstäuber. (Holder.) 262
Abb. 35. Handverstäuber. (Altmann.) 262
Abb. 36. Rückenverstäuber (Holder.) 263
Abb. 37. Rückenverstäuber. (Altmann.) 263
Abb. 38. Karrenverstäuber. 265
Abb. 39. Motorverstäuber Platz. (Nach H. Sachtleben.) 266
Abb. 40. Motorverstäuber Platz in Tätigkeit. 267
Abb. 41. Arsenverstäubung vom Flugzeug aus. (Junkers Luftbild, zur Verfügung gestellt von E. Merck, Darmstadt.) 269
Abb. 42. Getreidebeizung im Tauchverfahren. (Nach B. R. A.) 317
Abb. 43. Beizgerät (Halle a. d. S.) 317
Abb. 44. Beizapparat Degesch. 318
Abb. 45. Wachtelscher Kippbottich. 319
Abb. 46. Schema einer Beizanlage nach Jäger-Dix. (Nach E. Riehm.) . . 320
Abb. 47. Schema einer kontinuierlich arbeitenden Naßbeizmaschine. (Nach E. Riehm.) 321
Abb. 48. Beizmaschine Feller. 322
Abb. 49. Beizmaschine Ideal 322
Abb. 50. Hohenheimer Beizapparat. 323
Abb. 51. Schemata von Trockenbeizapparaten. (Nach E. Riehm.) 323
Abb. 52. Trockenbeizmaschine Ideal Nr. 1. 324
Abb. 53. Trockenbeizmaschine Primus. 324
Abb. 54. Trockenbeizmaschine Ideal Nr. 2. 324
Abb. 55. Trockenbeizsack Halle 325
Abb. 56. Schwefelräucherapparat. (Nach H. Sachtleben.) 328
Abb. 57. Hora-Räucher-Apparat. (Nach H. Sachtleben.) 328
Abb. 58. Ameisentöter. 329
Abb. 59. Schwefelkohlenstoffkanne. (Nach H. Sachtleben.) 332
Abb. 60. Schwefelkohlenstoffinjektoren. a) Handapparat, b) Rückenapparat 334
Abb. 61. Kessel für das Schwefelkohlenstoff-Vakuumverfahren. (Nach Marchal und Vayssière.) 343
Abb. 62. Kessel für das Schwefelkohlenstoff-Vakuumverfahren, geöffnet. (Nach Marchal und Vayssière.) 343
Abb. 63. Beschickung einer Vergasungskammer mit Zyklon. (Nach B. Tesch.) 352
Abb. 64. Vier nebeneinander liegende Vergasungskammern. (Nach B. Tesch.) 358
Abb. 65. Baumbegasung. Spannen des Zeltes. 361
Abb. 66. Vergasung von Citrusbäumen mit markierten Zelten. (Nach G. E. Bodkin.) 362
Abb. 67. Zeltvergasung mit dem Generatorverfahren. (Nach R. L. Webster.) 363
Abb. 68. Legeflinte zum Auslegen von Giftgetreide. (Nach H. Sachtleben.) 381

Zusammenstellung der wichtigsten Schädlinge und Krankheiten[1])

Aaskäfer: s. Rübenaaskäfer.
Ackerdistel: Ausstechen vor Samenbildung 81.
Ackerschnecken, *Agriolimax agrestis:* s. Nacktschnecken.
Ackersenf: s. Unkräuter.
Afterraupen: s. Blattwespenlarven.
Akarinose an Rebe, *Phyllocoptes vitis:* Streichmittel: Schwefelkalkbrühe (1 : 4) 293, Solbar 232, Schwefelleber (3 Proz.) 231. Spritzmittel: Schwefelkalkbrühe (1 : 40) 229, Nikotin-Seifenlösung 187, Solbar 232. Ausschneiden und Vernichten stark befallener Triebe 81, 82.
Älchen: s. Nematoden.
Aleurodiden: s. Mottenschildläuse.
Ameisen: Vergasungsmittel für Nester: Schwefelkohlenstoff 332, Schwefeldioxyd 328, 329, Kalziumzyanid 365. In Gebäuden: Spritzen der Ritzen mit Anilinöl-Wasser (1 : 10), Verschmieren der Ritzen. Ködermittel: Arsen 395, Giftköder 397. Fangköder: Schwämme mit Honigwasser oder Syrup auslegen, die von Zeit zu Zeit zum Abtöten der eingekrochenen Ameisen in heißes Wasser getaucht werden.
Anthraknose an Gurken und Erbsen: quecksilberhaltige Beizmittel 312. Spritzmittel: Kresolseifenlösung 372.
Anthraknose an Rebe, *Gloeosporium ampelophagum* (Schwarzer Brenner): Winterstreichmittel: Schwefelkalkbrühe 227, Schwefelsäure (4 Proz.) 234. Sommerspritzmittel: Kupferkalkbrühe 211.
Apfelblattfloh, *Psylla mali:* s. Blattflöhe.
Apfelblütenstecher, *Anthonomus pomorum:* Schädlichkeit 11, Ausbrechen und Vernichten der befallenen Knospen 81, Abschreckmittel 400, Fanggürtel 91, Abklopfen 82, Sortenwahl 58.
Apfelmehltau, *Podosphaera leucotricha:* frühzeitiges Vernichten der befallenen Triebe. Schwefelhaltige Mittel (222, 273) geben nur geringen Erfolg.
Apfelsauger: s. Apfelblattfloh.
Apfelschorf, *Fusicladium dendriticum:* s. Schorf.
Apfelwickler, *Carpocapsa pomonella:* Spritz- und Stäubemittel: Arsen 191, 234, 279; Termine: 1. nach Abfall der Blütenblätter, 2. acht Tage später, 3. drei Wochen später. Fanggürtel 91. Einsammeln der befallenen Früchte 81.

---

[1]) Die in dieser Zusammenstellung angeführten Mittel und Maßnahmen sind nur Hinweise (daher oft nur Angabe des Grundstoffes der chemischen Mittel) auf die betreffenden Kapitel des Buches; über die Bewertung der Mittel ist im Text nachzulesen. Auf Vollständigkeit macht die Zusammenstellung, die lediglich das Nachschlagen erleichtern soll, keinen Anspruch.

Bakterienkrebs: s. Obstbaumkrebs.
Baumweißling, *Aporia crataegi:* Vernichten der Raupennester 81, 82, 96. Weitere Mittel s. Raupen.
Berberitze: Allgemeines 18, Kochsalz 290, Natriumarsenit 298.
Bettwanzen, *Cimex lectularia:* s. Hausungeziefer.
Birnenschorf, *Fusicladium pirinum* und *Venturia pirina:* s. Schorf.
Birnensauger, *Psylla pirisuga:* s. Blattflöhe.
Bisamratte, *Fiber cibethicus:* Fallen 86. Abschuß 77. Ausräuchern der Baue mit Schwefelkohlenstoff 331.
Blasenfüße, *Thrips:* Kali- und Phosphordüngemittel 40, Kopfdüngung 40. Kleinbetrieb: Spritz- und Stäubemittel: Nikotin 187, 271, Seifenlösungen 197. Gewächshaus: Vergasungsmittel: Nikotin 372, Pyrethrum 373, Kalziumzyanid 352, 359.
Blattfallkrankheit der Rebe, *Peronospora:* Allgemeines 2, 13, 413. Kupferhaltige Spritz- und Stäubemittel 217, 273; Termine: 1. Ende Mai, 2. vor der Blüte, 3. nach der Blüte; wenn nötig, Wiederholung der Spritzungen. Kulturmaßnahmen: Pflanzweite, Drahterziehung, Rebschnitt 46, 48. Kali- und Phosphorsäuredüngung 40.
Blattfallkrankheit der Stachel- und Johannisbeere, *Pseudopezixa ribis:* Kupferhaltige Spritzmittel 217.
Blattflöhe, *Psylla:* Winterspritzmittel: Obstbaumkarbolineum 208, weniger wirksam Schwefelkalkbrühe 229, Theobaldsches Gemisch 249, Ätznatron 250. Sommerspritzmittel: Nikotin 187, Petroleum-Seifenemulsion 202. Vergasungsmittel: Blausäure 364.
Blattkäfer: Abklopfen 82, Fangapparate 84. Spritz- und Stäubemittel: Arsen 234, 279, Bariumchlorid 248. Abschreckmittel: 81, 285, 401.
Blattläuse, *Aphidae:* Allgemeines 18, 151, 152, 169. Spritzmittel: Nikotinhaltige Mittel 187, Seifenlösungen 197, Bariumchlorid 248, Quassia 192, Pyrethrum 191. Winterspritzmittel: Obstbaumkarbolineum 208, Schwefelkalkbrühe 229. Stäubemittel: Nikotinhaltige Mittel 271. Tauchmittel: 299. Vergasungsmittel: Blausäure 355, 364, Kalziumzyanid 359, Nikotin 372, Pyrethrum 373.
Blattwanzen: Spritzmittel: Nikotinhaltige Mittel 187, Petroleum-Seifenemulsion 202, Pyrethrum 191, Harzölseifen 197. Streumittel: Pyrethrum 272.
Blattwespenlarven (Afterraupen): Spritzmittel: Arsen 234, Bariumchlorid 248, Nikotinhaltige Mittel 187, Petroleum-Seifenemulsion 202, Harzölseifen 197, Pyrethrum 191. Stäubemittel: Arsen 279, Nikotinhaltiges Mittel 271. Abschreckmittel: 81, 285, 401. Abklopfen 82.
Blutlaus, *Schizoneura lanigera:* Allgemeines 169, 355, 403. Spritzmittel: Nikotin-Spiritus-Seifenlösung 187, Harzölseifen 197. Winterspritzmittel: Schwefelkalkbrühe 229, Obstbaumkarbolineum 208. Streumittel: Tabakpulver 285, Kali 40, 285. Streichmittel 292. Baumpflege 48, Sortenwahl 50, Veredelungszüchtung 51.
Bodensäurekrankheit: Allgemeines 12, 43, 117; Bekämpfung 290.
Bodenschädlinge (Engerlinge, Drahtwürmer, Erdraupen, Gartenhaarmückenlarven): Streumittel 286 bis 287. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 333 bis 335, Blausäure 364, Chlorpikrin 368. Ködermittel: Arsen 390 bis 391, Fluor 395. Fangpflanzen 87. Vogelschutz 72, Hühnereintrieb 74, Schutz des Maulwurfs und der Spitzmäuse 75.
Bohrkäfer: s. Holzwurm, Borkenkäfer.
Borkenkäfer: Entzug der Brutstätten 94, Fangbäume und Fangknüppel 89.
Botrytis cineria: s. Grauschimmel.
Brandpilze, *Ustilagineen:* Allgemeines 1, 13, 288, Heißwasserbehandlung 103 bis 110, Beizmittel 302 bis 326.
Braunfleckenkrankheit der Tomate, *Cladosporium fulvum:* Schwefelkalkbrühe 229, Solbar 232.

Brennfleckenkrankheit der Bohne, *Colletrichium (Gloeosporium) Lindemuthianum:* Quecksilberhaltige Beizmittel 312, Saatgutauslese 48, Vernichten der befallenen Pflanzen 82.

Chermes: s. Woll-Läuse.
Chlorose: Bekämpfung: 290, 294, 298, 403.

Dörrfleckenkrankheit: Allgemeines 12, 42, 137, Bekämpfung: 290, 403.
Drahtwürmer, *Agriotes*-Larven: Streumittel 286 bis 287. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 333, 334, Blausäure 364, Chlorpikrin 368. Ködermittel: Arsen 390, (Strychnin 385). Fangpflanzen und Köder 87. Bodenbearbeitung 95, Maulwurfschutz 75.

Eichenmehltau, *Microsphaera quercina:* s. Mehltau.
Engerlinge: s. Maikäfer.
Erdflohkäfer, *Haltica, Psylliodes, Phyllotreta:* Streu- und Abschreckmittel 81, 285, 401, Spritz- und Stäubemittel (nur bedingt wirksam, bei Fraßgiften lückenloser Giftbelag!): Arsen 234 bis 247, 279 bis 281, Bariumchlorid 248, Nikotinhaltige Mittel 187, 270, Pyrethrum 191, 273. Fangapparate 83 bis 85. Kulturmaßnahmen: viel Gießen, Beschatten.
Erdraupen: s. Wintersaateule, Bodenschädlinge.
Erysiphaceen: s. Mehltaupilze.
Eulenraupen: s. Wintersaateule.

Falscher Mehltau: s. Blattfallkrankheit der Rebe.
Feldmaus, *Arvicola arvalis* (s. a. Nagetierbekämpfung): Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 327, Schwefelkohlenstoff 332, Kalziumzyanid 365, Azetylen 376. Ködermittel: Allgemeines 380 bis 382, Strychnin 384, Bariumkarbonat 385, Phosphor 386, Arsen 387, Fluor 395, Zelio 397. Bakterienköder 60, Fernhaltung 77, Fallen 86.
Fliegen in Ställen und Kellern: Spritzmittel: Kresolseifenlösung 197, Floria-Insektizid 197. Stäubemittel: Pyrethrum 272. Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 331, Formaldehyd 375. Verdunkeln, Reinlichkeit.
Fliegen in Wohnräumen: Fliegenfänger 292, Fanggläser 86. Giftköder: Arsen 395, Formaldehyd 397.
Fliegenbrut in Stallmist: Umschichten des Mistes 95, Begießen mit Kalkmilch.
Flechten und Moose an Obstbäumen: Winterspritzmittel: Obstbaumkarbolineum 208, Kupfersulfat 211, Theobaldsches Gemisch 249, Schwefelkalkbrühe 229. Abkratzen mit Baumbürste.
Flöhe: s. Hausungeziefer.
Flugbrand: s. Brandpilze.
Fritfliege, *Oscinis frit:* Allgemeines 1, Aussaatzeit 45, Fangpflanzen 88, Kopfdüngung 40, Sortenwahl 57.
Frostschäden: 111, 378.
Frostspanner, *Cheimatobia brumata* und *Hibernia defoliaria:* Leimring 78, 290. Spritz- und Stäubemittel: Arsen 234, 279.
Fruchtfäule des Obstes, *Sclerotinia (Monilia):* Sammeln und Vernichten der befallenen Früchte und Zweige 81, 82.
Fusarium nivale: s. Schneeschimmel.
Fusicladium: s. Schorf.

Gallmilben, *Eriophyidae:* Allgemeines 15. Spritzmittel: Schwefelkalkbrühe 229, Solbar 232, Petroleum-Seifenemulsion 202 (im Herbst und vor Knospenaustrieb). Stäubemittel: Schwefel 273 (April, Juni).
Gartenhaarmücke, *Bibio hortulanus:* s. Bodenschädlinge.
Gemüsefliegen (vgl. Möhren-, Zwiebel-, Kohlfliege): Abschreckmittel 400.

Gerstenflug- und -hartbrand: s. Brandpilze.
Gespinstraupen: Vernichten der Raupennester 81, 96. Spritzmittel: Allgemeines 151, Nikotin 187, Pyrethrum 191, Harzölseifen 197.
Getreideblumenfliege, *Hylemyia coarctata:* Frühe Aussaat 45, Kopfdüngung 40, Fangpflanzen 88.
Getreidehalmfliege, *Cephus pygmaeus:* Schaden 1. Verfüttern oder Verbrennen der befallenen Getreidepflanzen 81. Bei starkem Befall tief umpflügen 95.
Gicht des Weizens 15.
Gloeosporium: s. Brennfleckenkrankheit.
Graufäule oder Grindfäule des Obstes: s. Fruchtfäule.
Grauschimmel, *Botrytis cinerea,* an Weintrauben, Obst, Tomaten, Gemüsepflanzen: Auslichten 48, Pflanzweite 46, Düngung 40, Vernichten stark befallener Pflanzenteile 81, 82. Bei Reben: Spritzmittel: Seife 198 als Zusatz zu Kupferkalkbrühe 240, 250.
Goldafter, *Euproctis chrysorrhoea:* Vernichten der Raupennester 81, 82, 96. Weitere Mittel s. Raupen.
Gummifluß: Dränage 44, Ringeln 48, Kali- und Phosphorsäuredüngung, keine Stickstoffdüngung 40, Ausschneiden und Bestreichen der Stellen mit Teeröl oder Karbolineum 206.

Haarmücken: s. Gartenhaarmücke.
Haferflugbrand: s. Brandpilze.
Hamster, *Cricetus frumentarius:* Schädlichkeit 10, Ausgraben, Fallen 86. Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 327, Schwefelkohlenstoff 331, 332. (Biologische Bekämpfung 60.)
Hasenfraß: Allgemeines 16, Fernhaltung 77, Abschreckmittel 80, 399.
Hausgrille oder Heimchen, *Gryllus domesticus:* Bekämpfung wie bei Küchenschabe.
Hausmaus: s. Nagetierbekämpfung.
Hausungeziefer (Bettwanze, Flöhe, Läuse, s. a. Küchenschaben, Wohnungsmilben): Möbel und Fußböden mit 2—4proz. Kresolseifenlösung (197) gründlich waschen und naß einziehen lassen. Ritzen mit Anilinöl (200) oder Petroleum streichen. Sauberkeit. Stäubemittel: Pyrethrum 272. Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 330, Schwefelkohlenstoff 344, Blausäure 357, Chlorpikrin 367.
Hederich: s. Unkräuter.
Helminthosporium: s. Streifenkrankheit.
Hessenfliege, *Mayetiola destructor:* Allgemeines 414. Bekämpfung wie Fritfliege.
Heuschrecken, *Locustidae:* Ködermittel: Arsen 388 bis 390, Fluor 395. Gießmittel 295. Vergasungsmittel: Chlor 368. Fanggruben 90. Feuer 96. Biologische Bekämpfung 62.
Heu- und Sauerwurm: s. Traubenwickler.
Holzwurm, *Anobiiden,* in Möbeln: Tetrachlorkohlenstoff-Mischung 340, 370. Einreiben der Möbel mit Öl 94. Befallene Korbmöbel in Wasser legen 94.
Hopfenmehltau, *Sphaerotheca humuli:* s. Mehltau.

Insekten, beißende (s. a. Käfer, Raupen, Blattwespenlarven, Heuschrecken): Allgemeines 15. Spritzmittel: Arsen 234, Bariumchlorid 248, Quassia 192, Nikotin 187, Pyrethrum 191, Harzölseifen 197, Helleborus 193. Stäubemittel: Arsen 279, Nikotin 271. Abschreckmittel 81, 285, 401. Abklopfen 82.
Insekten, leckende (Fliegen): Ködermittel: Arsen 392, Fluor 396, Giftköder 397.
Insekten, saugende (s. a. Blattwanzen, Blattläuse, Blutlaus, Schildläuse, Aleurodiden): Allgemeines 15, 22. Spritzmittel: Nikotin 187, Pyrethrum 191, Quassia 192, Seifenlösungen 197, Petroleum-Seifenemulsion 202. Stäubemittel: Nikotin 271, Pyrethrum 272. Vergasungsmittel: Nikotin 372, Pyrethrum 373, Blausäure 345 bis 366.
Insekten im Boden: s. Bodenschädlinge.

Insekten in Gespinsten: s. Gespinstraupen.
Insekten in Holz: s. Bohrkäfer, Holzwurm, Pfirsichbohrer, Weidenbohrer.

Käfer: s. Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen.
Kaninchen, wilde: Fernhaltung 77. Abschuß 77. Vergasung der Baue: Schwefeldioxyd 327, Schwefelkohlenstoff 331.
Kartoffelkäfer, *Leptinotarsa decemlineata:* Spritzmittel und Stäubemittel: Arsen 234, 279. Käfer im Boden: Schwefelkohlenstoff 333, 335, Chlorpikrin 368, Teeröle 371, Azetylen 376.
Kartoffelkrebs, *Synchytrium endobioticum:* Allgemeines 13, 48, 404, 410. Immunitätszüchtung 55, 56.
Kartoffelschorf, *Actinomyces:* Streumittel: Schwefel 288. Beizmittel: Sublimat 312. Düngemittel: Bodenreaktion 41. Pflanzgutauslese 48.
Keimlingskrankheiten: Formaldehyd 298, 374.
Kellerasseln in Gewächshäusern: Fang 91, Ködermittel 391.
Kiefernspinner, *Dendrolinus pini:* Leimring 78, 290. Arsenstäubemittel 279.
Kirschenschorf, *Fusicladium cerasi:* s. Schorf.
Kirschfliege, *Rhagoletis cerasi:* Ködermittel: Arsen 395.
Kleemüdigkeit 339.
Kleeseide, *Cuscuta trifolii:* 14, 85.
Kleiderläuse: s. Hausungeziefer.
Kleider- und Pelzmotten: Vergasungsmittel: Blausäure 357, Schwefelkohlenstoff 344, Globol 370, Naphthalin, Hexachloræthan usw. 376. Imprägnierung der Stoffe mit Eulan 401.
Knospenwickler, *Tmetocera ocellana* und *Argyroploce variegana:* Ausbrechen und Vernichten der befallenen Knospen 81, 82. Arsenspritz- und -stäubemittel 234, 279, bevor die Knospen schwellen.
Kohlfliege, *Phorbia brassicae:* Kohlkragen 80, 94, 296. Gießmittel 295, 296, 401, Tauchmittel 301, Vernichten der befallenen Pflanzen 81, 82.
Kohlhernie, *Plasmodiophora brassicae:* Allgemeines 13, Streumittel 287, Gießmittel 297, Tauchmittel 301, Formaldehyd 374, Fruchtwechsel 48, Vernichten der befallenen Pflanzen 81, 82.
Kohlraupen: s. Raupen an Kohl und Gemüse.
Kohlweißling, *Pieris brassicae:* s. Raupen an Kohl.
Koloradokäfer: s. Kartoffelkäfer.
Kornkäfer, *Calandra granaria:* s. Vorratsschädlinge.
Krähen, *Corvus*-Arten: Ködermittel: Phosphor 387, Strychnin 385, Bariumkarbonat 385. Abschreckmittel 400. Abschreckvorrichtungen 80. Fallen und Schlageisen 86. Leimtüten 86.
Kräuselkrankheit des Pfirsichs, *Taphrina (Exoascus) deformans:* Spritzmittel: Kupferkalkbrühe 217, Schwefelkalkbrühe 229, Solbar 232. Vernichten der befallenen Triebe 81, 82.
Kräuselkrankheit der Rebe: s. Akarinose.
Krautfäule der Kartoffel, *Phytophthora infestans:* Allgemeines 1, Spritzmittel: Kupferkalkbrühe 215, 217, Pflanzgutauslese 48. Sortenauswahl 49. Desinfektion: Warmluftbehandlung der Knollen 110.
Krebs: s. Obstbaumkrebs.
Küchenschaben, *Periplaneta, Blatta:* Stäubemittel: Pyrethrum 272. Ködermittel: Fluor 396, Giftköder 397. Vergasungsmittel: Blausäure 357, Schwefelkohlenstoff 344. Fang unter mit Bier getränkten Tüchern.

Laubdürre der Obstbäume: s. Fruchtfäule.
Läuse: s. Hausungeziefer, Blattläuse, Schildläuse, Blutlaus.
Lederbeerenkrankheit: s. Blattfallkrankheit.

Maden in Möhren, Kohl und Zwiebeln: s. Möhrenfliege, Kohlfliege, Zwiebelfliege.
Maden in Obst: s. Obstmade, Pflaumensägewespe.
Maikäfer, *Melolontha*-Arten: Bekämpfung der Käfer: Abklopfen 82. Bekämpfung der Engerlinge: Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 333, 334, Blausäure 364, Chlorpikrin 368. Streumittel 286. Unterwassersetzen 94. Schutz der Maulwürfe, Krähen und Stare 72, 75.
Maulwurf, *Talpa europaea:* Allgemeines 10, 75. Abschreckmittel 400.
Maulwurfsgrille, *Gryllotalpa vulgaris:* Fang in Topffallen 86 oder Dunghaufen 91. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 332, Azetylen 376. Ködermittel: Strychnin 385, Arsen 391. Abschreckmittel 400.
Mäuse: s. Nagetierbekämpfung und Feldmaus.
Mehlmotte, *Ephestia Kühniella:* s. Vorratsschädlinge.
Mehltaupilze, *Erysiphaceen:* Allgemeines 13, 20, 123. Schwefelhaltige Spritzmittel 222 bis 234. Kaliumpermanganat 248. Schwefelhaltige Stäubemittel 273 bis 279 (s. a. Apfel-, Stachelbeer-, Rebenmehltau).
Milben: s. Gallmilben, Spinnmilben, Wohnungsmilben.
Möhrenfliege, *Psila rosae:* Abschreckmittel 400. Streumittel 285. Spritzmittel: Petroleum-Seifenemulsion 202. Bodenbearbeitung 95.
Monilia: s. Fruchtfäule.
Moose an Bäumen: s. Flechten.
Mottenschildläuse, *Aleurodiden:* Spritzmittel: Nikotin 187, Petroleum-Seifenemulsion 202. Vergasungsmittel: Nikotin 372, Pyrethrum 373, Kalziumzyanid 352, 359.
Mücken in Ställen und Kellern: wie Fliegen in Ställen und Kellern.

Nacktschnecken: Allgemeines 14. Fang in Schlupfwinkeln 91. Fangköder 87. Flammenwerfer 97. Spritzmittel: Kupfersulfat 211. Stäubemittel: Kupfersulfat 273. Streumittel 285. Ködermittel: Arsen 391.
Nagetierbekämpfung: Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 327, Schwefelkohlenstoff 332, Blausäure 357, Kalziumzyanid 365, Chlorpikrin 367, Azetylen 376. Ködermittel 380 bis 387, 396, 397. Bakterienköder 60. Fernhaltung 77. Fallen 86.
Nashornkäfer, *Oryctes nasicornis* 64.
Nematoden: Allgemeines 15. Fruchtwechsel 48. Fangpflanzen 87, 88, 234. Warmwasserbad 98, 110. Hitze 99, 110. Tauchmittel 299, 301. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 339, Blausäure 364, Phenol 372, Formaldehyd 375. Ködermittel 398.
Nonne, *Lymantria monacha:* Leimring 78, 290. (Arsenstäubemittel 279.)

Obstbaumkrebs, *Nectria galligena* u. a. Erreger: Allgemeines 13. Ausschneiden und Vernichten der Krebsstellen 81, 82. Streichmittel für die Schnittwunden 292. Beseitigung hohen Grundwassers 44. Sortenauslese 49.
Obstmade: s. Apfelwickler.
Oidium an Rebe: s. Mehltaupilze.
Olivenfliege, *Dacus oleae:* Allgemeines 409. Arsenköder 392 bis 394.
Olpidium: s. Vermehrungspilze.

Pelzmotten: s. Vorratsschädlinge.
Peronospora an Rebe: s. Blattfallkrankheit der Rebe.
Pfirsichbohrer, *Sanninoidea exitiosa:* Paradichlorbenzol 369 bis 370. Abschreckmittel 401. „Worming-Verfahren" 76.
Pflaumensägewespe, *Hoplocampa fulvicornis:* Abschreckmittel 400. (Bedingt: Arsenmittel 234 nach Abfall der Blütenblätter.) Umgraben der Baumscheibe 95.
Phoma apiicola: s. Sellerieschorf.
Phoma betae: s. Rübenwurzelbrand.
Phytophthora infestans: s. Krautfäule.

Plasmodiophora brassicae: s. Kohlhernie.
Plasmodiophora viticola: s. Blattfallkrankheit der Rebe.
Psylla: s. Blattflöhe.

Radekrankheit 15.
Rapsglanzkäfer, *Meligethes aeneus:* Fangapparate 83 bis 85. Schnell durchblühende Sorten 25.
Ratten, *Epimys rattus* und *norvegicus:* Vergasungsmittel: Blausäure 357, Chlorpikrin 367. Ködermittel: Allgemeines 380, Meerzwiebel 382, Phosphor 386, 387, Zelio, Venimors 397. Bakterienköder 60, 61. Fallen 86.
Raupen: Spritzmittel: Arsen 234, Bariumchlorid 248, Quassia 192, Nikotin 187, Pyrethrum 191, Harzölseifen 197, Helleborus 193. Stäubemittel: Arsen 279, Nikotin 271. Abschreckmittel 81, 285, 401. Abklopfen 82. Ablesen 81.
Raupen an Kohl und Gemüse: Zerdrücken der Eigelege 76. Ablesen und Vernichten der nichtparasitierten Raupen und Puppen 81. Spritzmittel: Nikotin 187, Quassia 192, Pyrethrum 191 (5 bis 6 Wochen vor der Ernte kein Arsenmittel!). Streumittel zur Fraßabschreckung 81, 285, 401, haben nur bedingten Wert.
„Raupen" (Afterraupen) an Stachel- und Johannisbeere: s. Blattwespenlarven.
Raupennester: Vernichten 82, 96. Spritzmittel: Nikotin 187.
Rebenmehltau, *Oidium Tuckeri:* Stäubemittel 273. Spritzmittel: Kolloid. Schwefel 224 (zusammen mit Kupferkalkbrühe), Kaliumpermanganat 248. Termine: 1. Ende Mai vor der Blüte; 2. Ende Juni nach der Blüte; 3. Mitte bis Ende Juli; in stark befallenen Lagen häufiger.
Reblaus, *Phylloxera vastatrix:* Allgemeines 410. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 335 bis 340. Gießmittel: Kresolseifenlösung 197, 296, 336, Saprosol 336, Petroleum 336. Submersionsverfahren 94, Veredelungszüchtung 50, Immunitätszüchtung 53. Setzrebendesinfektion: Tauchmittel 300, Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 342, Blausäure 360.
Reiskäfer, *Calandra oryzae:* s. Vorratsschädlinge.
Rhizoctoniakrankheit der Kartoffel, *Hypochnus solani:* Beizmittel 312. Saatgutauslese 48.
Ringelspinner, *Malacosoma neustria:* Abschneiden und Vernichten der Eigelege 81. Sonstige Mittel s. Raupen.
Roggenstengelbrand, *Urocystis occulta:* Beizmittel wie Weizensteinbrand 301 bis 316.
Rosenmehltau, *Sphaerotheca pannosa:* Stäubemittel: Schwefel 273. Spritzmittel: Cosan 224, Erysit 224, Schwefelkalkbrühe 227.
Rostpilze, *Uredineen:* 1, 13, 14, 18, 19, 46.
Roter Brenner, *Pseudopeziza tracheiphila:* Spritzmittel: Kupferkalkbrühe 217.
Rote Spinne: s. Spinnmilben.
Rübenaaskäfer, *Blitophaga opaca, — undata:* Stäubemittel: Arsen 279. Kulturmaßnahmen: Verziehen der Pflanzen 46. Häufiges Hacken der Rübenfelder vermindert die Zahl der Schädlinge. Vogelschutz (insbesondere Stare und Krähen) 72, Hühnereintrieb 74, 75. Vernichtung der Unkräuter 14, 91.
Rübenälchen: s. Rübennematode.
Rübenblattwanze, *Piesma quadrata:* Aussaatzeit 45. Fangpflanzen 88, Umpflügen stark befallener Felder 95. Auf kleinen Parzellen: Petroleum-Seifenemulsion 202.
Rübenfäule: s. Rübennematode.
Rübenfliege, Runkelfliege, *Pegomyia hyoscyami:* Kulturmaßnahmen: Verziehen 46, Bodenreaktion 41. Ködermittel: Arsen 394, Fluor 396. Fangpflanzen 88.
Rübenmüdigkeit: s. Rübennematode.
Rübennematode, *Heterodera Schachti* (vgl. auch Nematoden): Allgemeines 15, Fangpflanzen 87, 88, 234. Schwefelkohlenstoff 339. Aktivierungsverfahren 398. Kulturmaßnahmen: Fruchtwechsel 48.

Rübenwurzelbrand, *Phoma betae:* Bodenbearbeitung 39, Düngung (Bodenreaktion) 41, Kopfdüngung 40. Beizmittel 312.
Runkelfliege: s. Rübenfliege.
Rüsselkäfer: s. Apfelblütenstecher und Insekten (beißende).

Saateule: s. Wintersaateule.
Saatgutschädlinge (s. a. Vorratsschädlinge): Mechanische Trennung 85, Vakuum 92, Wärme 100 bis 110. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 341, Blausäure 360, Chlorpikrin 367, Paradichlorbenzol 370, Formaldehyd 375.
Sauerwurm: s. Traubenwickler.
Schildkäfer an Rüben, *Cassida nebulosa:* Stäubemittel: Arsen 279. Vogelschutz (Stare, Krähen) 72, Hühner- und Enteneintrieb 74, 75. Vernichtung der Unkräuter 14, 91.
Schildläuse, *Coccidae:* Sommerspritzmittel: Schwefelkalkbrühe 229, Solbar 231; gegen wandernde Jugendstadien: Seifenlösungen 197, Harzölseifen 197, Nikotin 187, Petroleum-Seifenemulsion 202. Winterspritzmittel: Schwefelkalkbrühe 229, Schwefelleber 231, Solbar 232, Obstbaumkarbolineum 208. Streichmittel: Aphidon, Limitol 293 (nur für verholzte Pflanzenteile). Vergasungsmittel: Blausäure 345, 355, 359, 364. Mechanische Entfernung mittels Baumbürste 76.
Schnecken: s. Nacktschnecken.
Schneeschimmel, *Fusarium nivale:* Beizmittel 302, 307 bis 311. Dünne Aussaat 46. Kopfdüngung 40. Umbruch stark befallener Parzellen.
Schnellkäfer, *Agriotes:* s. Drahtwürmer.
Schorf an Kartoffel: s. Kartoffelschorf.
Schorf an Obst, *Fusicladium:* Spritzmittel: Kupferkalkbrühe 217, Handelspräparate 222. Stäubemittel: Kupfer 273. Termine: 1. Kurz vor Blüte; 2. kurz nach Blüte; 3. drei Wochen später. Bei empfindlichen Sorten kann erste Spritzung mit 5proz. Schwefelkalkbrühe 227 durchgeführt werden. Verbrennen des abgefallenen Laubes und der erkrankten Zweige.
Schrotschußkrankheit des Steinobstes, *Clasterosporium carpophilum:* Spritzmittel: Kupferkalkbrühe 217. Sammeln und Vernichten der befallenen Früchte 81. Kalkdüngung.
Schütekrankheit der Kiefer, *Lophodermium pinastri:* Spritzmittel: Kupferkalkbrühe 217.
Schwammspinner, *Lymantria dispar:* Allgemeines 91. Streichmittel: Petroleumdurchtränkung der Eischwämme 294. Spritz- und Stäubemittel: Arsen 234, 279.
Sellerieschorf, *Phoma apiicola:* Beizmittel 312.
Setzlingskrankheiten: Formaldehyd 298.
Spargelfliege, *Platyparaea poeciloptera:* Verbrennen der befallenen Triebe und des im Herbst tief abgestochenen Krautes 81. Fang der Fliegen an weißen, mit Fliegenleim, 292, bestrichenen, in den Boden gesteckten Hölzchen.
Spargelhähnchen, *Crioceris asparagi:* Spritzmittel: Nikotin 187, Quassia 192, Bariumchlorid 248, Arsen 234. Stäubemittel: Nikotin 271, Arsen 279. Abschreckmittel 81, 285, 401. Absammeln 81, Abklopfen 82. Spargelkraut im Herbst tief abstechen und Verbrennen.
Spargelkäfer, *Crioceris 12-punctata:* s. Spargelhähnchen.
Speicherschädlinge: s. Vorratsschädlinge.
Sperlinge, *Passer domesticus, — montanus:* Abschreckvorrichtungen 80. Sperlingsfallen 89. Abschuß der Weibchen 94. Ködermittel 385. Abschreckmittel 400.
Spinnmilben, *Tetranychidae:* Allgemeines 15, 123. Spritzmittel: Schwefelhaltige Mittel 222 bis 232, insbesondere Schwefelkalkbrühe 229, Erysit 224, Solbar 232. Nikotinhaltige Mittel 187, insbesondere Nikotinseifenlösungen 187. Gegen Bryobia: 2—4 Proz. Kalkmilch. Tauchmittel: Nikotinseifenlösung 299. Stäubemittel: Schwefel 273. Vergasungsmittel: Schwefel 331,

Nikotin 372, Pyrethrum 373. Gute Bewässerung, häufiges Gießen. Beschatten der Pflanzen, Lüften der Gewächshäuser.

Springschwänze, *Collembolen* in Anzuchtbeeten und Gewächshäusern. Streumittel: Kalk, Tabakstaub, Pyrethrum. Wenig Gießen.

Springwurm, *Oenophthira (Tortrix) pilleriana:* Spritz- und Stäubemittel: Arsen 234, 279. Sammeln und Vernichten der Raupen und Eigelege 81.

Stachelbeerblattwespe, *Nematus ribesii:* s. Blattwespenlarven.

Stachelbeermehltau, amerikanischer, *Sphaerotheca mors uvae:* Winterspritzmittel vor Knospenausbruch: Schwefelkalkbrühe (1 : 3) 229, Formaldehyd (1 : 40 bis 60), Solbar (3proz.) 232, Cosan (0,1proz.) 224, Kochsalz 250. Sommerspritzmittel: Schwefelkalkbrühe (1 : 40) 229, Solbar (0,5proz.) 232, Cosan (0,1proz.) 224 (alle 14 Tage wiederholen). Entfernen und Vernichten der befallenen Triebe 81, 82. Immune Sorten 49.

Stechmücken in Ställen und Kellern: wie Fliegen in Kellern.

Steinbrand (Stinkbrand): s. Brandpilze.

Stockkrankheit: s. Nematoden.

Streifenkrankheit der Gerste, *Helminthosporium gramineum:* Quecksilberhaltige Beizmittel 302 bis 311.

Tausendfüße, *Myriopoda:* Fang durch Anködern mit Mohrrüben und Kartoffelscheiben oder Fallobst. Streu- und Abschreckmittel: Kalk, Salpeter, Ruß 285, Torfmull mit Petroleum oder Lysol 401.

Termiten: Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 329, Schwefelkohlenstoff 332, Kalziumzyanid 365, Chlorpikrin 368.

Thrips: s. Blasenfüße.

Tipulalarven: s. Wiesenschnake.

Traubenwickler, *Clysia ambiguella, Polychrosis botrana:* Bekämpfung des Heu- und Sauerwurms: Allgemeines 150, Spritzmittel: Arsen 218, 234, Nikotin 187 (in Kombination mit Kupferkalkbrühe 211). Stäubemittel: Arsen 279. „Heuwurmen" 76, 77. Bekämpfung der Puppen: Beseitigung aller als Winterlager dienenden Schlupfwinkel und der in ihnen sitzenden Puppen 82. Bekämpfung der Falter: Lichtfallen 112, Klebfächer 82. Rebschnitt 48.

Ungeziefer: s. Hausungeziefer und Kleidermotten.

Unkräuter: Allgemeines 10, 14, 91. Spritzmittel: Schwefelsäure und Sulfate 232 bis 234, Natriumchlorat 234. Streumittel: Kunstdünger, Eisensulfat 289 bis 290, Via rasa 290. Gießmittel: Silesia 298.

Vermehrungspilze, *Pythium, Olpidium, Moniliopsis:* Ätzkalk 288.

Vogelfraß (s. a. Sperlinge): Abschreckvorrichtungen 80, Fallen 86, Ködermittel 385, Abschreckmittel 400.

Vorratsschädlinge (s. a. Mehlmotten, Küchenschaben): Reinigungsvorrichtungen 85, Vakuum 92, Hitze 101, 110. Vergasungsmittel: Schwefeldioxyd 330, Schwefelkohlenstoff 341, Blausäure 355, 357, Chlorpikrin 367, Paradichlorbenzol 370, Naphthalin und Hexachloraethan 376. Speicherbehandlung: Bespritzen der Fugen mit Anilinöl-Wasser (1 : 10), Abwaschen der Böden und Wände mit Kalkmilch.

Wanzen: s. Hausungeziefer.

Weidenbohrer, *Cossus ligniperda:* Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 340. Töten der Raupen durch Einführen eines spitzen Drahtes in den Bohrgang.

Weiße Fliegen: s. Aleurodiden.

Weizenflugbrand, Weizensteinbrand: s. Brandpilze.

Wespen: Fanggläser 86, Vergasen der im Boden befindlichen Nester am Abend mit Schwefeldioxyd 227, Schwefelkohlenstoff 332, Kalziumzyanid 365, Verbrennen der hochliegenden Nester mit Stichflamme.

Wiesenschnake (Wiesenwurm), *Tipula oleracea:* Ködermittel: Arsen 390, Fluor 396. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 334. Streumittel 287, Fanggraben 89, Dränage 94, Druckmaßnahmen 76, Schutz der Vögel 72 und des Maulwurfs 75, Hühnereintrieb 74.

Wildverbiß: Allgemeines 16, Fernhaltung 77, Abschreckmittel 399.

Wintersaateule, *Agrotis segetum:* Bekämpfung der Falter: Fanggläser 86. Bekämpfung der Erdraupen: Ködermittel: Arsen 390, 391, Fluor 395. Tiefes Pflügen und Eggen 95, Walzen 76, Sammeln und Vernichten (Verfüttern) der Raupen 81, Fang in Fanggräben 89, Schutz der Stare und Krähen 72 und des Maulwurfs 75, Hühnereintrieb 74.

Wirtschaftsschädlinge s. Vorratsschädlinge.

Wohnungsmilben, *Glycophagus, Tyroglyphus, Aleurobius:* Durchlüftung und Durchsonnung der Räume. Sonnen und Ausklopfen der Möbel. Vergasungsmittel: Schwefelkohlenstoff 344. Abreiben der Möbel und Wände mit Ammoniak oder Petroleum. Verbrennen oder Desinfektion (mehrere Stunden bei 80 Grad) stark befallener Waren. Sauberkeit.

Woll-Läuse an Nadelhölzern, *Chermesiden:* Spritzmittel: Nikotin-Spiritus-Seifenlösung 187, Harzölseifen 197, gegen Jungläuse Mitte bis Ende Mai und Ende Juni. Bekämpfung wenigstens in zwei aufeinanderfolgenden Jahren.

Wühlmaus, *Arvicola terrestris:* s. Nagetierbekämpfung.

Wurzelbrand: s. Rübenwurzelbrand.

Zecken, *Ixodes ricinus:* Hinterleib der festgesogenen Zecken mit Benzin oder Öl tränken.

Zikaden: s. Blattwanzen.

Zwiebelbrand, *Urocystis (Tuburcinia) cepulae:* Gießmittel: Formaldehyd 298. Vernichten der erkrankten Zwiebeln 81.

Zwiebelfliege, *Hylemyia antiqua:* Gießmittel: Sublimat 296, Bordeaux-Ölemulsionen 296, 218. Abschreckmittel: 400, Vernichten der befallenen Zwiebeln 81. Kein Stalldung. Fruchtwechsel.

Register[1])

Abavit B 315.
Abbaukrankheiten 9, 39.
Abklopfen 82.
Abschreckmittel 80, 285, 398.
Abschreckwirkung s. Fraßabschreckung.
Agfa-Saatbeize s. Saatbeize G.
Agfa-Trockenbeize 316.
Aktivierungsverfahren 398.
Alanin 398.
Alkannin 294.
Allizol 397.
Aluminium-Kalkbrühe 222.
Ameisentöter 329.
Amerikanische Maße 198, 212, 226, 280, 281.
Ammoniak 287, 295, 371.
Ammoniumkarbonat 295.
Ammoniumpolysulfid 232.
Ammoniumsulfat 233.
Amylazetat 389, 395, 397.
Anerkennungsdienst 49, 406.
Anfälligkeit der Pflanzen 19, 23.
Anforderungen an Mittel 150, 156, 187, 199, 210, 212, 230, 231, 238, 239, 241, 242, 245, 254, 255, 280, 291, 306, 313, 346, 348, 369.
Angewandte Wissenschaften 4, 418.
Anilinöl 200.
Anlockung 86—91, 379—398.
Anorganische Krankheitsursachen 12.
Anthrazenöle 370.
Ant killer, Ant exterminator 329.

[1]) Register ohne Aufzählung der Schädlinge; Zusammenstellung der wichtigsten Schädlinge und Pflanzenkrankheiten s. Seite 422.

Anwendungsweise der Mittel 116, 169.
Aphidon 293.
Appel-Gassnerscher Apparat 105.
Arabæ-Raupenleim 292.
Areginal 345.
Arsenanfälligkeit 123, 124, 146, 147.
Arsenbeflüge s. Flugzeugbekämpfung.
Arsenbomben 377.
Arsenfrage 236.
Arsenik 237, 388, 389, 391.
Arsenköder 87, 387—395.
Arsenmittel 125, 127—132, 150, 151, 163, 166—168, 189, 234—247, 279, 387—395.
Arsenmittel-Bewertung 236.
Arsenmittel s. a. Fraßabschreckung, Giftwirkung, Schwebefähigkeit, Haftfähigkeit.
Arsen-Quassiaköder 394.
Arsenspritzmittel 234—247.
Arsenstäubemittel 279—281.
Arsensulfide 247.
Arsentrioxyd 237.
Arsen und Bienen 131.
Arsen und Boden 133.
Arsen und Obst 129.
Arsen und Wein 130.
Arsenvernebelung 377.
Arsenverstäubungsmittel Hinsberg 281.
Arsenverstäubungsmittel Höchst 281.
Asa foetida 399.
Ascaridol 299.
Atemschützer 270, 326.
Äthylazetat 344.
Atomic sulfur 224.
Ätzkalk s. Kalk.
Ätznatron 250.
Ausbildung der Phytopathologen 416.
Ausbreitung der Schädlinge 33.
Auslegeköder 87—89, 381, 382—397.
Auslese 48.
Ausrottungsverfahren (s. a. Extinktivverfahren) 154.
Aussaatdichte 45.
Aussaatzeiten 45.
Auswahl der Mittel und Methoden 150, 403—405.
Auswinterung 1.
Azetylen 376.
Azidimeter 43.
Azurin 220.

Bafum 383.
Bakterienkulturen 60.
Bakteriophagen 25.
Bakteriosen 13.
Bariumarsensalze 247.
Bariumchlorid 122, 151, 248.
Bariumkarbonat 385.
Bariumpolysulfid 232.
Barrierzone 92.
Batteriespritzen 177.
Baumé-Spindel 228.
Baumschulgewächse, Desinfektion 97, 300, 342, 360.
Baumvergasung 361.
Baumwachs 292.
Baumwollsaatölseife 196, 199.
Bazillus typhi murium 60.
Beeinflussung des Bodens 133, 339.
Beizapparate 105—109, 316—326.
Beizmittel 14, 128, 134, 301—316.
Beizmittel-Prüfung 143—145.
Beizung 294.
Bekämpfungskosten 151, 152, 154.
Bekämpfungsmethoden, Bewertung 150, 403—405.
Bekrustungsverfahren 304.
Benetzungsbeize 304, 320.
Benetzungsfähigkeit 122, 157—162.
Benzol 293, 295, 370, 372.
Beschädigungen s. Pflanzenschädigungen.
Bestrahlungsverfahren 113.
Betanal 309, 310, 312.
Bewässerung 44.
Bienen und Arsen 131.
Biologische Bekämpfung 58—76, 404.
Biologische Prüfung der chemischen Mittel 138—150.
Biologische Reichsanstalt 411.
Biozönose 58.
Bisamrattenfalle 86.
„Black leaf 40" 186, 187, 271.
Blasverfahren 361, 368, 373.
Blatton 272.
Blattverbrennungen s. Pflanzenschädigungen.
Blausäure 125, 126, 137, 344, 345 bis 366.
Blausäure-Vakuumverfahren 342, 360.
Bleiarseniat 122, 157, 238, 241—244, 279, 282, 301, 395.
Bleiarsenit 245.
Bleichromat 247.
Bleimennige 400.
Blüteninfektionen 13, 103.
Böckser-Geschmack 278.
Bodenbearbeitung 39, 95.
Bodenbeeinflussung durch chemische Mittel 133, 339.
Bodenbrennen 98.

Bodendesinfektion 98—100, 295, 298, 339, 372, 375.
Bodenreaktion 41.
Bodenverhältnisse 39.
Bodenverjüngung 340.
Boiled Emulsion 202.
Borax 397.
Bordeaux-Brühe, Bordelaiser Brühe s. Kupfer-Kalkbrühe.
Bordeaux-Ölemulsion 204, 218, 296.
Bordeaux-Powder 273.
Bordeaux-Schorf 216.
Bordeaux-Verbrennungen 216.
Bottich-Spritzen 172.
Bottichverfahren 346, 362.
Braconiden s. Schlupfwespen.
Brandbutten 85, 303, 316, 318, 319, 321.
Brechweinstein 397.
Brikettasche 81, 285, 401.
Bromessigsäuremethylester 351.
Brucin 385.
Brühen s. Spritzbrühen.
Brutstättenentzug 94.
Burgunderbrühe 218.

Calcium s. Kalzium.
Chalcididen 65.
Chancel-Grade s. Sulfurimeter.
Chemische Mittel:
Anwendung 116, 169.
Definition 115.
Einteilung 154.
Historisches 114, 201, 234, 273, 279.
Verbrauch 81, 217, 236, 237, 238, 247, 278, 280, 342, 350, 351, 360, 370, 390;
s. a. Heil- u. Giftwirkung, Pflanzenschädigung, Stimulation.
Chemotherapeutischer Index s. Giftwertbestimmung.
Chlor 368.
Chloralhydrat 397.
Chlorbarium s. Bariumchlorid.
Chlorkohlensäuremethylester 349.
Chlorpikrin 337, 346, 351, 366—368.
Chlorzyan 349, 351.
Chrysopæ 65.
Coccinelliden 65.
Coccobacillus acridiorum 62.
Cold mixed emulsion 204.
Cold stirred emulsion 202.
Corbin 308, 400.
Cosan 224.
Cuproform 309.
Cusarsen 273.
Cusisa 273.
Cyankohlensäuremethylester 349.
Cyanofumer 347.
Cyanverbindungen s. Blausäure.
Cyprische Wände 90.

Dalmatinisches Insektenpulver s. Pyrethrum.
Dampfpfannen 100.
Degeneration 9, 39.
Delitia-Giftgetreide 384.
Delitiæ-Mäuselatwerge 386.
Delitia-Rattenextrakt 383.
Derris 193, 301.
Desinfektion von
Gewächshauserde 99, 298, 339, 372, 375;
s. Baumschulgewächse;
s. Bodendesinfektion;
s. Setzrebendesinfektion;
s. Vorratsschädlinge;
Saatgut s. Saatgutdesinfektion und Saatgutschädlinge;
Zwiebeln und Knollen 110, 342, 360, 375.
Desinfektionskammern 341, 342, 358, 360.
Desinfektionskästen 342.
Desinfektionskessel 343, 360.
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft 406.
Diatomit s. Kieselgur.
Dippels Öl 399.
Disposition 23.
Doppelzerstäuber 185.
Dränage 44, 94.
Druckluftspritzen 175.
Dry arsenite of soda 281.
Dry-Mix-Sulfur lime 223.
Dufoursches Gemisch 191.
Düngerstreumaschine s. Streuapparate.
Düngung 40.
Durchgasung von Gewächshäusern 359, 372, 373.
Durchgasung von Speichern 330, 341, 357, 367.
Durchgasung von Wohnräumen 330, 344, 357, 367, 375.
Durchgasung in Zelten 360—364.

Ectoparasitische Pilze 13, 20.
Eiablage-Anlockung 89, 398.
Eiablage-Hinderung 94, 400.
Eichelzerstäuber 183.
Einfuhrbestimmungen 407, 408, 415.
Einmieten der Kartoffeln 94.

Einsammeln 81—85.
Einschleppung von Schädlingen 34.
Eisenperchlorat 298.
Eisensulfat 88, 233, 287, 289, 290, 298, 403.
Eklatin 285.
Elafrosin 239.
Elektrischer Schadinsekten-Fangapparat 113.
Elektrischer Strom 113.
Elektrokultivator 113.
Elosal-Neu 278.
Emulgierbarkeit 204, 209.
Emulgierungsmittel 115, 200, 203.
Emulsionsbeständigkeit 204, 209.
Entgiftung der Beizlösungen 303.
Entomophthoraseuche 62, 63.
Entoparasitische Pilze 13.
Entseuchungsverfahren s. Kulturalverfahren.
Ernteschäden 1—3, 234, 280.
Erstickungsmittel 93, 291, 293.
Ertragssteigerung s. Stimulation.
Erysit 224.
Esturmit 281.
Eulan 401.
Exodin 188.
Exodin-Tabletten 373.
Extinktivverfahren 51, 154, 335.

Fächerzerstäuber 182.
Fallen 86.
Falteranlockung 87.
Fangbäume 87, 89.
Fanggläser 86.
Fanggräben 89, 90.
Fanggürtel 91.
Fangköder 87—89.
Fangknüppel 89.
Fanglampen 111, 112, 113.
Fangmaschinen 83, 290.
Fangnetze 83, 87.
Fangpflanzen 87.
Fäulen 13, 22.
Feinheitsgrad 253, 274, 280, 313, 369.
Fernhaltungsmaßnahmen 77—81.
Feuer 96, 98, 101.
Fischölseife 195.
Flammenwerfer 96.
Fliegenleim 292.
Fliegenteller, -papier 395.
Flit 200.
Flockungsmesser 163, 255.
Flohrfliege 65.
Floria-Insektizid 197.
Flugzeugverstäubung 268.
Fluorhaltige Ködermittel 133, 395—396.
Fluorhaltige Stäubemittel 126, 281.
Fly pad 395.
Forderungen an chemische Mittel s. Anforderungen.
Formaldehyd 210, 296, 298, 301, 304, 308, 310, 312, 374, 397.
Forstwirtschaftliche Schäden 2.
Franzosenöl 399.
Fraßabschreckung 81, 139, 141, 150, 216, 285, 384, 395, 401.
Fraßgifte s. Arsenmittel, Chlorbarium.
Freilandprüfung 145.
Frostabwehr 111, 378.
Frostschäden 111.
Fruchtwechsel 47, 48.
Fructusgrün 239.
Frühtreibverfahren 135.
Füllpumpen 177.
Fumicid 373.
Fungi Bordeaux dust 273.

Gasmasken 353.
Gasrestnachweisgerät 353.
Generationswechsel 14, 18.
Generatorverfahren 347, 362.
Genuß vergifteter Pflanzen 127.
Germisan 303, 309, 310, 312.
Gesetzgebung s. Pflanzenschutzbestimmungen.
Gesundheitsgefährdung 126—133.
Getreidebau-Ernteschaden 1.
Getreidebeizung s. Beizmittel.
Gewächshausdurchgasung 359, 372.
Gewächshauserde s. Desinfektion.
Gießmittel 294—298.
Giftempfindlichkeit der Schädlinge 123, 124, 146, 147, 355.
Giftgetreide 384.
Giftgewöhnung 123, 124, 355.
Giftköder 379—397.
Giftköder-Bakterienverfahren 382.
Giftkonserve Rattekal 386.
Giftnachwirkung 124.
Giftwertbestimmung 148—150, 306.
Giftwirkung 117—125, 188, 190, 192, 193, 196, 197, 205, 208, 213, 219, 229, 231, 235, 236, 240, 241, 244, 248, 275, 305, 314, 331, 353—356, 385.
Globol 370.
Government Formular 201, 203.
Grauschwefel s. Präschwefel.
Green Hopper Arsenic dust 273.
Grundstoff 115, 155, 253.

Haftfähigkeit 122, 164—168, 255, 313.
Handauslese 48.
Handelspräparate 152—153.
Handnetze 83, 87.
Handschwefler s. Handverstäuber.
Handspritzen 171, 176.
Handverstäuber 262, 277.
Hänßlerscher Fangapparat 84.
Harzölseifen 197, 198.
Hauptstellen für Pflanzenschutz 412.
Haustorien 13, 14.
Hederich-Kainit 289.
Hederich-Spritze 173, 233.
Heilung 35, 117.
Heißluftapparate 110.
Heißwasserapparate 104—109.
Heißwasserbehandlung 97, 98, 99, 103 bis 111, 302, 320.
Heizapparate 99, 101.
Helleborus 193.
d'Hérellesches Phänomen 25.
Herniol 287.
Hexachloraethan 340, 376.
Hilfsstoffe 115, 156, 161, 162, 164, 165, 198, 200, 204, 223, 240, 256, 257, 270, 279, 289, 313, 348—351, 374, 379, 388.
Hitze 97, 99, 100.
Höchster Raupenleim 292.
Hohenheimer Beize s. Urania-Saatbeize.
Hohenheimer Brühe 187.
Hopikol 337.
Hora-Patrone 328, 376.
Hora-Räucherapparat 328.
Horlin 337.
Horstsches Kupferstaubmittel 273.
Hypersensibilität 26.
Hypertrophisches Gewebe 26.

Ichneumin-Raupenleim 292.
Ichneumoniden s. Schlupfwespen.
Immunität 23—27, 56, 57.
Immunität der Schädlinge s. Giftgewöhnung.
Immunitätsgrade 23, 50.
Immunitätszüchtung 53—58, 339, 404.
Impfmittel 401—403.
Individualauslese 49.
Injektor s. Spritzpfahl.
Inkubationskalender 217, 413.
Insektenfallen 86.
Insektenpulver s. Pyrethrum.
Internationales Landwirtschafts-Institut 410.
Internationale Organisation 409.
Internationale Reblauskonvention 410.

Kainit 40, 233, 285, 287, 289.
Kaisergrün (s. a. Schweinfurtergrün) 238.
Kalamität s. Schädlingskalamität.
Kalifornische Schwefelkalkbrühe s. Schwefelkalkbrühe.
Kalimat 309 310.
Kalisalze 40, 250, 285.
Kaliseife s. Seifen.
Kaliumarsensalze 247, 392.
Kaliumpermanganat 248.
Kaliumpolysulfid 231.
Kaliumsulfokarbonat 300, 338.
Kalk 99, 249, 285, 287, 288, 290, 401 (s. a. Hilfsstoffe).
„Kälken" der Bäume 249.
„Kälken" des Getreides 307.
Kalkmilch-Obstbaumkarbolineum 204, 208, 249.
Kalkstickstoff 40, 233, 285, 287, 289.
Kälte 111.
Kalziumarseniat 246, 280, 283.
Kalziumarsenit 246.
Kalziumhydroxyd 249.
Kalziumkarbid 376.
Kalziumkarbonat s. Trägerstoffe.
Kalziumkaseinat 165 204, 223, 243.
Kalziumoxyd 249.
Kalzium-Sulfhydrat-Brühe 231.
Kalziumzyanid 351—362.
Kandierungsverfahren s. Bekrustungsverfahren.
Kaolin (s. a. Hilfsstoffe) 270, 283.
Karbolineum s. Obstbaumkarbolineum.
Karbolineum-Kalkbrühe 208, 249.
Karbolsäure 312, 400, 401.
Karrenspritzen 173.
Karrenverstäuber 264.
Kartoffelbau-Ernteschäden 1.
Keimfähigkeitsprüfung 144.
Keimlingsinfektion 13, 103.
Keimschädigung 144, 306, 308.
Kernseife s. Seifen.
Kettenbeize 303, 316.
Kieselgur s. Hilfsstoffe, Trägerstoffe.
Klebfächer 82.
Klebkraft 166.
Klebstoffschranken 78, 80.
Klima 38.
Kochsalz 250, 290.
Ködermittel 379—398.
Köderpfannen 398.
Köderverfahren 86—91.
Kohlendioxyd (Kohlenoxyd) 329, 375.
Kohlensäure-Mineralstoffgesetz 42, 48, 137.

Kohlkragen 80, 94, 295, 401.
Kohlrübenwinter 2.
Kokosölseife 197.
Kolloidale Mittel 123, 155, 227, 236, 247.
Kolloidmühle 155, 227.
Kombinierte Beize 109.
Kombinierte Mittel 154, 155, 197, 204, 218, 220, 223, 230, 240, 243, 245, 250—252, 280, 282.
Königsscher Fangapparat 84.
Konstitution 23.
Kontaktgift 120.
Kottonölseife 196, 199.
Krankheitsbegriff 5.
Krankheitsbild 5, 29.
Krankheitserreger 8.
Krankheitssymptome 5, 22, 29.
Krankheitsursache 11.
Kresolseifenlösung 197, 296, 336, 372.
Kryolith 282.
Krystal-Gas 369.
Kübelspritzen 172.
Kugelspritze 176.
Kulturalverfahren 51, 337.
Kulturmaßnahmen 37, 403, 404.
Kupfer-Alaun-Kalkbrühe 219.
Kupfer-Ammoniak-Brühe 220.
Kupferarseniat 241.
Kupferarsenit 241.
Kupferazetat 308.
Kupferazetatarsenit 238—241, 279 (s. a. Schweinfurtergrün).
Kupferazetatlösungen 221.
Kupferhaltige Beizmittel 307—308.
Kupferhaltige Spritzmittel 210—222.
Kupferhaltige Stäubemittel 273.
Kupferkalkbrühe 115, 137, 168, 204, 211—218, 304, 308, 312, 356, 401.
Kupferkarbonat 313, 315.
Kupferkarbonat-Ammoniakbrühe 220.
Kupfernitrat 308.
Kupferoxydammoniak 308.
Kupfer-Sodabrühe 216.
Kupferstaubmittel 273.
Kupfersulfat 210, 211, 273, 283, 285, 287, 307, 315, 401.
Kupfersulfat-Ammoniak 308.
Kupfer-Zink-Kalkbrühe 221.
Kurzbeizverfahren s. Bekrustungsverfahren.

Laboratoriumsprüfung 141.
Laufkäfer 64.
Lauwasserbad 110.
Legeflinten 381, 385, 387.
Leimfreunde und -gegner 78.
Leimquetsche 78, 290.
Leimring 78, 290.
Leimspatel, Leimschlauch 78, 290.
Leimtüten 86.
Leinöl 290, 293.
Leuchtklebeglocken 112.
Lichtfallen 111—112.
Limitol 293.
Liquid-Gas-method 347.
Lix-Atemschützer 326.
Lock- oder Ködermittel (s. a. Hilfsstoffe) 388, 392, 397, 398.
Lock- oder Köderverfahren 86—91.
Lockpflanzen 87.
Löschen des Kalkes 249.
Lösungen 155.
Lösungsmittel 115, 155.
Londoner Purpur 246.
Lungenheil-Respirator 270.
Lysol (s. a. Kresolseifenlösung) 300, 400, 401.

Madenfallen (s. a. Fanggürtel) 91.
Magnesiumarseniat 281.
Magnesiumsulfat-Kalkbrühe 240.
Manganchlorid 233.
Mangansulfat 290, 403.
Mangansuperoxyd 290.
Marienkäferchen s. Coccinelliden.
Martinibrühe 219.
Maschensieb s. Siebmethode.
Massenvermehrungen s. Schädlingskalamität.
Mäuselatwerge 386.
Mäusetyphusbakterien 60.
Mechanische Bekämpfungsmaßnahmen 76—95.
Meerzwiebel 382—384.
Melasse 389.
Membranspritze 172.
Mendesche Fangrinne 85.
Mengen s. Verbrauchsmengen.
Mineralöle 199, 295, 370.
Mineralstoff-Kohlensäuregesetz 42, 48, 137.
Mischbestände 47.
Miscible oils 205, 207.
Mistel 13, 14.
Mittelöle 371.
Mittelprüfung, amtliche 138, 412.
Mittelprüfung s. Prüfung.
Monophagie 17.
Motorfüllpumpen 179.
Motorspritzen 173.
Motorverstäuber 264.

Mottenhexe 376.
Mottenkugeln 376.
Mucorineenseuche 62.

Nadelzerstäuber 184.
Nahrungsentzug 91.
Naphthalin 376, 401.
Naphthalin-Schwefelmischung 226.
Naßbeize A. Z. 3, 311.
Naßbeizmittel 306—312.
Natol 337.
Natriumarseniat 247, 387, 388, 392, 394, 395.
Natriumarsenit 247, 281, 298, 387, 388, 392.
Natriumbenzoat 392.
Natriumborat 392.
Natriumchlorat 234.
Natriumchlorid 250, 290.
Natriumfluorid 395, 396.
Natriumhydroxyd 250.
Natriumpolysulfide 232.
Natriumsilicofluorid 281, 395, 396.
Natronseife s. Seifen.
Netze s. Handnetze.
Neutralöle 370.
Niagara potato dust 273.
Nicodust 272.
Nicofume 186.
Nicosulfur 272.
Nikotin (Nikotinsulfat) 151, 185, 270 bis 272, 280, 282, 300, 372.
Nikotinoleat 187.
Nikotin-Seifenlösung 187.
Nikotin-Spiritus-Seifenlösung 187.
Nisthöhlen 73.
Nitrobenzol 337.
Nosperal 222.
Nosperit 222, 273.
Nosprasen 222.
Noxin 272.

Obstbau-Ernteschäden 2.
Obstbaumkarbolineum 126, 137, 206 bis 210, 249, 400.
Obstmade-Schaden 2.
Oidal 278.
Oil sprays s. Mineralöle.
Ölemulsionen 157, 164, 218, 296, 300.
Oligophagie 17.
Organisation der Bekämpfung 68, 389, 405—419.
Organisation der Mittelprüfung 138, 412.
Oregonbrühe 230.
Original-Anerkennung 406.

Paracid 369.
Paradichlorbenzol 340, 368.
Parasit 8.
Parasitismus 12.
Parasitol-Räucherkerzen 373.
Paratyphus-Bakterien 60.
Parisergrün s. Schweinfurtergrün.
Patentierung 153.
Paulyscher Fangwagen 83.
P. c. benzene 369.
P. D. B. 369.
Pereat 272.
Peronospora-Vorhersagedienst 217, 413.
Perozidbrühe 221.
Petroleum 293, 294, 296, 336, 371, 399, 400.
Petroleum-Seifenemulsion (s. a. Ölemulsionen) 202, 295, 400.
Pflanzenkrankheit 5.
Pflanzenschädigungen 125, 216, 227, 235, 306, 308, 357, 363.
Pflanzenschutz 3.
Pflanzenschutz-Besichtigungsdienst 415.
Pflanzenschutzbestimmungen 236, 407, 410.
Pflanzenschutzdienst 4, 411.
Pflanzenschutzforschung 4.
Pflanzenschutzgesetz 415.
Pflanzenschutzmittel, Einteilung 154; s. a. Auswahl, Prüfung, Anforderung.
Pflanzenschutzorganisation 411.
Pflanzenschutzstatistik 414.
Pflanzenwohl 188.
Pflanztiefe 46.
Pflanzweite 45.
Pflanzzeiten 45.
Pflege der Einzelpflanzen 48.
Pfropfung 51, 336, 339.
Phänologischer Reichsdienst 413.
Phenol 372.
Phosphorbrei Roth 386.
Phosphorhaltige Köder 386.
Phosphorlatwerge 386.
Phytopathologie 5, 7.
Pilzerkrankungen der Insekten 62.
Polyederkrankheit 64, 124.
Polyphagie 17.
Porzol 316.
Pottaschelösung 397.
Prädisposition 23.
Präschwefel 274, 278.
Preußisch-Blau, Behandlung 400.
Probe-Eiersuchen und Probeleimung s. Leimring.
Prüfung der chemischen Mittel 137 bis 150, 158, 162, 167, 254, 412.

Prüfungsverfahren für Immunitätszüchtung 55.
Pyrethrum 189, 272, 373.

Quassia 151, 192.
Quassia-Arsenköder 394.
Quassiabrühe 192.
Quassia-Zuckerlösung 395.
Quecksilberchlorid (Sublimat) 295, 296, 309, 312.
Quecksilberhaltige Beizmittel 309, 312.
Quellungsverfahren 135.

Radikalverfahren (s. a. Extinktivverfahren) 371.
Radiumstrahlen 113.
Ratinin 383.
Ratinkulturen 61.
Rattenbekämpfungstage 62, 387.
Rattengift-Einheit s. Giftwertbestimmung.
Raubwespen 64.
Räucherapparate 328, 329, 378.
Räucherkerzen 373, 378.
Räucherlampe 373.
Raupenfackel 95.
Raupenfliegen s. Tachinen.
Raupenleim 78, 83, 112, 290—292.
Reblaus-Schaden 2.
Reizstoffe 348—351.
Rentabilität der Bekämpfung 151, 152.
Reusenfallen 86.
Revolverzerstäuber 185.
Rinderblut 399.
Roggenfusariol 309, 310.
Roithsche Bisamrattenfalle 86.
Rota-Generator 377.
Rückenspritze 172, 176, 177.
Rückenstreuer s. Streuapparate.
Rückenverstäuber 263.

Saatbeize 309, 311.
Saatenanerkennung 406.
Saatgutdesinfektion 100—110, 341, 345, 360, 367, 370, 375.
Saatgutreinigung 85.
Salizylsäure 397.
Salpetersäure 234.
Samenkontrollstationen 49, 406.
Sanders dust 273.
Saponin 161, 162, 194, 204.
Saprophyten 12.
Saprosol 296, 300, 336, 342.
Sattelverstäuber 263.
Sauerstoffatmungsgerät 353.
Schäden s. Ernteschäden.
Schädigungen s. Pflanzenschädigungen.
Schädlichkeitsbegriff 9, 20.
Schädlichkeitsgrad 10, 11.
Schädling, Begriff 10.
Schädlingskalamität 31, 58, 65.
Scheeles Grün 241.
Schlupfwespen 65.
Schmarotzerschutz 59.
Schmierseife s. Seifen.
Schulterverstäuber 264.
Schüttegewicht 254, 274, 313.
Schutzbrille 270.
Schutzkolloide 156, 197, 213, 225.
Schwebefähigkeit 122, 162—164, 235.
Schwebefliege (Syrphiden) 65.
Schwefel 114, 123, 126, 255, 273, 282, 283, 288, 401.
Schwefel, gefällter 224.
Schwefel, geimpfter 288.
Schwefel, kolloidal 224.
Schwefelaufschwemmungen 222.
Schwefeldioxyd 327.
Schwefelhaltige Spritzmittel 222—234.
Schwefelhaltige Stäubemittel 273—279.
Schwefel-Kalkaufschwemmung 224.
Schwefelkalkbrühe 227—231, 293, 300.
Schwefelkohlenstoff 296, 331—345.
Schwefelkohlenstoff-Injektor s. Spritzfahl.
Schwefelkohlenstoff-Naphthalinmischung 226.
Schwefelkohlenstoff-Schwefelemulsion 226.
Schwefelkohlenstoff-Vakuumverfahren 341, 342.
Schwefelleber 231.
Schwefelmilch 225.
Schwefelquaste 277.
Schwefelsäure 232, 234, 312.
Schwefelvernebelung 377.
Schwefelwasserstoff 329.
Schweinfurtergrün 122, 238—241, 279, 388, 390, 391, 397.
Schweltöpfe 374.
Schwelverfahren 373.
Schweröle 371.
Scilla maritima 382.
Segetan 308, 312.
Segetan-Trockenbeize 316.
Seifen 194, 202, 240.
Self-boiled lime sulfur 229.
Selbstherstellung der Mittel 152.
Setzrebendesinfektion 300, 342, 360.
Sichtbarkeit 168, 257.
Siebmethode 85, 254, 274.
Signalrot-Behandlung 400.

Silesiagrün 239.
Silesia-Unkrautvertilgungsmittel 298.
Silesia-Verstäubungsmittel 281.
Sokialpräparate 397.
Solbar 232, 293, 301.
Soluble sulfur 232.
Sonnenbrand 208.
Sortenauslese 49.
Sparzerstäuber 183.
Sperlingscher Fangapparat 83.
Sperlingsfalle 89.
Spezialisierung der Parasiten 17, 24.
Spieckermannsches Prüfungsverfahren 55.
Spiritus 293.
Spiritus-Seifenlösung 197.
Sprengladungen 332, 368.
Spritzapparate 170—185.
Spritzbrühe 155, 156, 162.
Spritzen oder Stäuben 283.
Spritzflecken 125, 168.
Spritzkalender 217.
Spritzköpfe 182.
Spritzlösung 155, 167.
Spritzmittel 154—252.
Spritzmittel-Mengen 169, 233.
Spritzpfahl 294, 333.
Spritzschäden s. Pflanzenschädigungen.
Spritztermine 169.
Staatl. organisierte Schädlingsbekämpfung 151, 409.
Stabilisierungsmittel (s. a. Schutzkolloide und Hilfsstoffe) 204.
Stalagmometer 161.
Standortswahl 38.
Stäubeapparate 259—270.
Stäubebeutel 259.
Stäubemittel 252—283.
Staubschutzbrille 270.
Staudenauslese 49.
Steinersches Mittel 287.
Steinkohlenteeröle s. Mineralöle und Teeröle.
Stimulation 134—137, 208, 215, 306, 340.
Stinkasand 399.
Stoppelbrennen 99.
Streckmittel 115, 155, 253, 272, 313, 388.
Streichmittel 290—294.
Streuapparate 284, 289.
Streuhaufen 63, 82, 99.
Streuköder 382.
Streumittel 284—290.
Strohhalmverfahren 60, 381, 386, 388,
Strychnin-Getreide s. Giftköder.
Strychninköder 384.
Sturms Heu- und Sauerwurmmittel 281.
Sturzpfannen 100.
Sublimat s. Quecksilberchlorid.
Sublimoform 309, 310.
Submersionsverfahren 94.
Sulfate 232.
Sulfoergetan 337.
Sulfurella Schwefel 274.
Sulfurimeter 163, 255, 274.
Sulphocide 232.
Symbiose 28.

Tabakextrakt 186, 373.
Tabakhaltige Mittel s. Nikotin.
Tabak-Seifenlösung 187.
Tabak-Spiritus-Seifenlösung 187.
Tabakstaub 270, 285, 301, 373.
Tachinen 65.
Talkum s. Hilfsstoffe, Trägerstoffe und Streckmittel.
Tauch-Benetzungsbeize 305, 321.
Tauchbeize 302, 316.
Tauchbeize-Heißwasserbehandlung 305, 320.
Tauchmittel 299—301.
Tauchverfahren (s. a. Heißwasserbehandlung) 110.
Teer 292, 304, 399, 401.
Teeröle (s. a. Obstbaumkarbolineum), Mineralöle und Ölemulsionen 296, 370—372.
Teertuchkarre 85.
Terpentinöl 340, 400.
Tetrafin 345.
Tetrammin-cuprisulfat 220.
Thalliumsulfat 396.
Theobaldsches Gemisch 249.
Theobromin 397.
Therapeutischer Index s. Giftwertbestimmung.
Thomasmehl 285.
Tieröl 399.
Tierrückenspritzen 180.
Tillantin B 308.
Tillantin C 309.
Tillantin-Naßbeize s. Uspulun-Universal.
Tomatenblätterextrakt 194.
Tötungszahlen s. Giftwertbestimmung.
Trägerstoffe 115, 155, 253, 270, 277, 279, 280, 349, 374, 379, 380, 388.
Transeife 195.
Treibverfahren 90.
Triebkraftbestimmung 144.
Trimonomethylxanthin 397.

Trockenbeizapparate 323—326.
Trockenbeize 305.
Trockenbeize Tillantin R = Uspulun-Trockenbeize 316.
Trockenbeize Tillantin = Trockenbeize Höchst 316.
Trockenbeizmittel 313—316.
Trockenbeizmittelprüfung 144—145.
Tropenleim 292.
Tutan 316.

Überempfindlichkeit 26.
Überhälterpflanzen 14, 91.
Überschußdüngung 41.
Überwachungsdienst 414.
Universalmittel 153.
Unterdruck s. Vakuum.
Unterwassersetzen 93.
Uraniagrün 239.
Urania-Saatbeize 303, 309, 311.
Urania-Verstäubungsmittel 279.
St. Urbansgrün 239.
Uspulun 288, 296, 297, 299, 301, 303, 309, 311, 312, 401.
Uspulun-Universal 309, 311.

Vakuum 92 300, 342, 360.
Venimors 397.
Ventilato-Schwefel 274.
Ventox 349.
Verbrauchsmengen bei
Beizmittel 303, 304, 305, 307, 308, 315.
Ködermittel 389, 390, 396;
Spritzmittel 169, 233;
Stäubemittel 258, 260, 268, 277, 281;
Streumittel 289, 290;
Verbrennungen, Verbräunungen s. Pflanzenschädigungen.
Verdünnungsmittel s. Streckmittel.
Veredelungszüchtung 50—53.
Verfüttern gebeizten Getreides 128.
Verfüttern vergifteter Pflanzen 128.
Verfüttern von Schädlingen 75, 133.
Vergasungskammer 294.
Vergasungsmittel 294, 326—376.
Vergasungszelte 361.
Vergiftungsgefahr s. Gesundheitsgefährdung.
Verlängerungsrohr 184.
Vermorelspritze 172.
Vernebelungsmittel 376.
Vernichtungsverfahren s. Extinktivverfahren.
Verstäubbarkeit 253.
Verstäubeapparate s. Stäubeapparate.
Versuchsbuchführung 146—147.
Via rasa 290.
Vinuran 279.
Virulenz 8, 18.
Vogelscheuchen 80.
Vogelschutz 71—74.
Vogelschutzgesetz 72.
Vollstrahlzerstäuber 182.
Vorhersagedienst 217, 413.
Vorschriften für chemische Mittel s. Anforderungen.
Vorsichtsmaßregeln bei Verwendung chemischer Mittel 132, 237, 353.

Wärme 95—111.
Warmwasserbehandlung 98, 110.
Wasser als Verdünnungsmittel 156, 202, 205.
Wasserdampf 99, 100.
Weinbau-Ernteschäden 2.
Weinsberger Brühe 187.
Weizenfusariol 309, 311.
Wettable sulfur 223.
Wirtschaftlichkeit s. Rentabilität.
Wirtschaftsschädlinge s. Vorratsschädlinge.
Wirtswechsel 14, 16, 18.
Witterung 38.
Wormingverfahren 76.
Wühlmausbrot 386.
Wundverschluß 292.
Wurmsamenöl 299.

Xylolbromid 349.

Zabulon, bleifrei 247.
Zabulon, bleihaltig 242.
Zeliopräparate 396.
Zeltvergasung 360—364.
Zerstäuber 182.
Ziegelgrusmethode 144.
Zink-Alaun-Sodabrühe 221.
Zinkarseniat 246.
Zinkarsenit 246.
Zitronensäure 398.
Züchtung s. Immunitätszüchtung.
Zucker s. Hilfsstoffe.
Zürnersche Wühlmausfalle 86.
Zweischenkel-Flockungsmesser 163, 255.
Zwischenwirt (s. a. Wirtswechsel) 91.
Zyanidschwefelkalkpulver 287.
Zyklonverfahren 348—351.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Economic
Agric.
Crops
T

220936

Trappmann, Dr. Walthe

Schädlingsbekämpfung
Methoden im Pflanzens

Regierungsrat an der
Reichsanstalt.

Mit 68 Abbildungen in

Verlag von S. Hirzel
1927.

Agric
Crops
T

Trappmann, Dr. Walther
Schadlingsbekampfung
Grundlagen und Methoden im
Pflanzenschutz

BioMed.

220936

Chemie und Technik der Gegenwart.

Herausgegeben von Prof. Dr. **Walter Roth** in Cöthen. Oktav.

Die Sammlung „Chemie und Technik der Gegenwart" bringt eine Reihe von Einzelschriften, die, von hervorragenden Spezialforschern bearbeitet, den Lesern einen umfassenden Überblick über das behandelte Gebiet geben sollen. Neben den neuesten wissenschaftlichen Problemen werden vor allem die wichtigsten Zweige der chemischen Technik eingehend besprochen werden.

Farbkunde. Von **Wilhelm Ostwald.** Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Naturforscher, Ärzte, Physiologen, Psychologen, Koloristen, Farbtechniker, Drucker, Keramiker, Färber, Weber, Maler, Kunstgewerbler, Musterzeichner, Plakatkünstler, Modisten. Mit 40 Abbildungen im Text und 4 Tafeln. XVI und 313 Seiten mit Register. 1923. Geheftet M. 9.—, Ganzleinenband M. 11.—.

Chemie der freien Radikale. Entwicklungsgang und gegenwärtiger Zustand der Lehre von den freien Radikalen von **Paul Walden.** Mit 21 Abbildungen im Text. XIV und 351 Seiten mit Register. 1924. Geheftet M. 9.—, Ganzleinenband M. 11.—.

Unter den Begriff der Radikale verstehen wir heute Verbindungen, die sich in einem Zustande so unvollständiger Valenzabsättigung befinden, daß ihre Existenz meist nur unter bestimmten und experimentell oft schwierig herzustellenden Bedingungen gewährleistet ist. Waldens Schrift ist eine außerordentlich übersichtliche, erschöpfende Darstellung, deren besonderer Vorzug noch darin liegt, daß eine Fülle geistreicher Anregungen über das Buch verstreut ist. *Frankfurter Zeitung.*

Plastische Massen. Die Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung von Kunststoffen. Von **Hans Blücher.** Mit 32 Abbild. im Text. XII und 291 Seiten. 1924. Geheftet M. 8.—, Ganzleinenband M. 10.—.

Das Buch ist ausgezeichnet für den Praktiker zugeschnitten. Es belästigt ihn nicht mit schwerem wissenschaftlichen Rüstzeug und gibt ihm doch überall so viel gute Hinweise, daß ihm auch zur eigenen Weiterarbeit die Möglichkeit gegeben ist . . . Das Buch unterscheidet sich vorteilhaft von den vielen einfachen Vorschriftenzusammenstellungen. *Kolloid-Zeitschrift.*

Aluminothermie. Von Dr. **Karl Goldschmidt.** Mit 81 Abbildungen, einer farbigen Tafel und einem Bildnis von Prof. Dr. Hans Goldschmidt †. VIII und 174 Seiten. 1925. Geheftet M. 10.—, Ganzleinenband M. 12.—.

Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe. Von Prof. Dr. **Julius Meyer.** Zweite, erweiterte Auflage. XIV und 470 Seiten. 37 Abbildungen, 20 Tabellen. 1926. Geheftet M. 17.—, Ganzleinenband M. 20.—.

Es ist ein interessantes Buch, das er geschrieben hat, und wert gelesen zu werden, insbesondere mit Rücksicht auf den leidenschaftlichen Streit, der heute noch um den Gaskampf wogt. Die Gründlichkeit, mit der alle in Frage stehenden Gesichtspunkte behandelt sind, verleihen dem Werke mehr als geschichtlichen Wert. Ist doch zu bedenken, daß die ganze Schädlingsbekämpfung durch die militärische Anwendung der Giftstoffe einen ungeheuren Antrieb erfahren hat, daß wir uns in dieser Beziehung erst im Anfang einer Entwicklung befinden, an deren Ende reichere Ernten an Frucht und Obst stehen werden.

Die Kunstseide. Von Dr. **V. Hottenroth.** XII und 492 Seiten. 97 Abb., 3 Tafeln. 1926. Geheftet M. 26.—, Ganzleinenband M. 28.—.

Der ungeahnte Aufschwung, den die Kunstseidenherstellung genommen hat, hat diesem Industriezweig Weltbedeutung verschafft. Das Buch gibt einen zusammenfassenden Überblick über den derzeitigen Stand der gesamten Kunstseidenindustrie. Der Verfasser beschreibt eingehend die gesamte geschichtliche Entwicklung der Kunstseide. Die Rohstoffe, Baumwolle und Zellulose werden in einem besonderen Kapitel eingehend zergliedert und in bezug auf Arten und chemische Eigenschaften ausführlich behandelt.

Graphit. Von Dr. **Eugen Ryschkewitsch.** Charakteristik, Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung. XII und 323 Seiten. 27 Abbildungen. 1926. Geheftet M. 14.50, Ganzleinenband M. 16.50.

Handbuch der anorganischen Chemie. Herausgegeben von **R. Abegg, F. Auerbach** und **I. Koppel.** Groß-Oktav. Ausführlicher Prospekt auf Verlangen kostenlos.

Dem Grundplan des Abeggschen Handbuches entsprechend haben auch in diesem neuesten Band alle physikalisch-chemischen Tatsachen besondere Berücksichtigung erfahren. Beim Sauerstoff z. B. werden die Erscheinungsformen der Oxydation, beim Ozon Bildung und Zerfall dieses Stoffes, beim Schwefel die Formarten und ihre Umwandlungen, Gleichgewichte und Kinetik von Schwefeltrioxyd, beim Selen der Einfluß des Lichtes auf das Leitvermögen sehr eingehend behandelt. In besonderen ausführlichen Abschnitten sind die Atomgewichte sowie die Kolloidchemie dieser Elemente zur Darstellung gebracht.

Anorganisch-chemisches Praktikum. Von Dr. H. Riesenfeld, a. o. Professor an der Universität Berlin. Qualitative Analyse und anorganische Präparate. Siebente Auflage. Mit 27 Abbildungen im Text. XVIII und 366 Seiten mit Register. Oktav. 1927. Ganzleinenband M. 8.—.

Als Grundlage für die Darstellung des Lehrstoffes die[illegible]erne physikali[illegible]ch-chemische Auffassungsweise. Seiner Aufgabe als A[illegible]nd [illegible]rt [illegible]as Buch eine Einführung in die analytischen und präp[illegible] Chemie. Die neue Auflage ist, ohne den Umfang zu [illegible]zungen und Änderungen auf dem Stand der ne[illegible]es längst bekannte und eingeführte Buch [illegible]m bewähren wird. *[illegible]novitäten.)*

Lehrbuch der physi[illegible]arer Darstellung. Von Dr. John [illegible]versität Berlin. X und 538 Seiten. 111 [illegible]. 24.—, Ganzleinen M. 26.—.

Die Desinfektion ir[illegible] Chemiker und Ingenieure. Von Dr. Ro[illegible]ene an der Universität Wien. VIII und [illegible]927. Broschiert M. 12.—.

Lehrbuch der organ[illegible] von Braun, Direktor des Chemischen I[illegible]08 Seiten. Groß-Oktav. 1925. M. 2[illegible]

Während in den bisherigen deu[illegible]ische und aromatische Chemie scharf aus[illegible]ganischen Chemie hier fort. Von dem Ge[illegible]matischen Verbindungen kein scharfer G[illegible]ch zahlreiche Übergangsglieder mitei[illegible]zwischen den beiden Verbindungsreihen[illegible]h wieder als ein einheitliches Ganzes [illegible]des so reichhaltigen Stoffmaterials [illegible]ystematik den großen Vorteil, daß sich[illegible]esichtspunkte herausarbeiten lassen. [illegible]nen Buch manche Beziehungen kennengeler[illegible]habe[illegible]te daher jedem reiferen Studierenden empfehlen, [illegible]rbeiten. Er wird großen Gewinn davontragen und [illegible]manche [illegible]chungen erhalten. *(Paul Pfeiffer in Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte [illegible]sche Chemie.)*